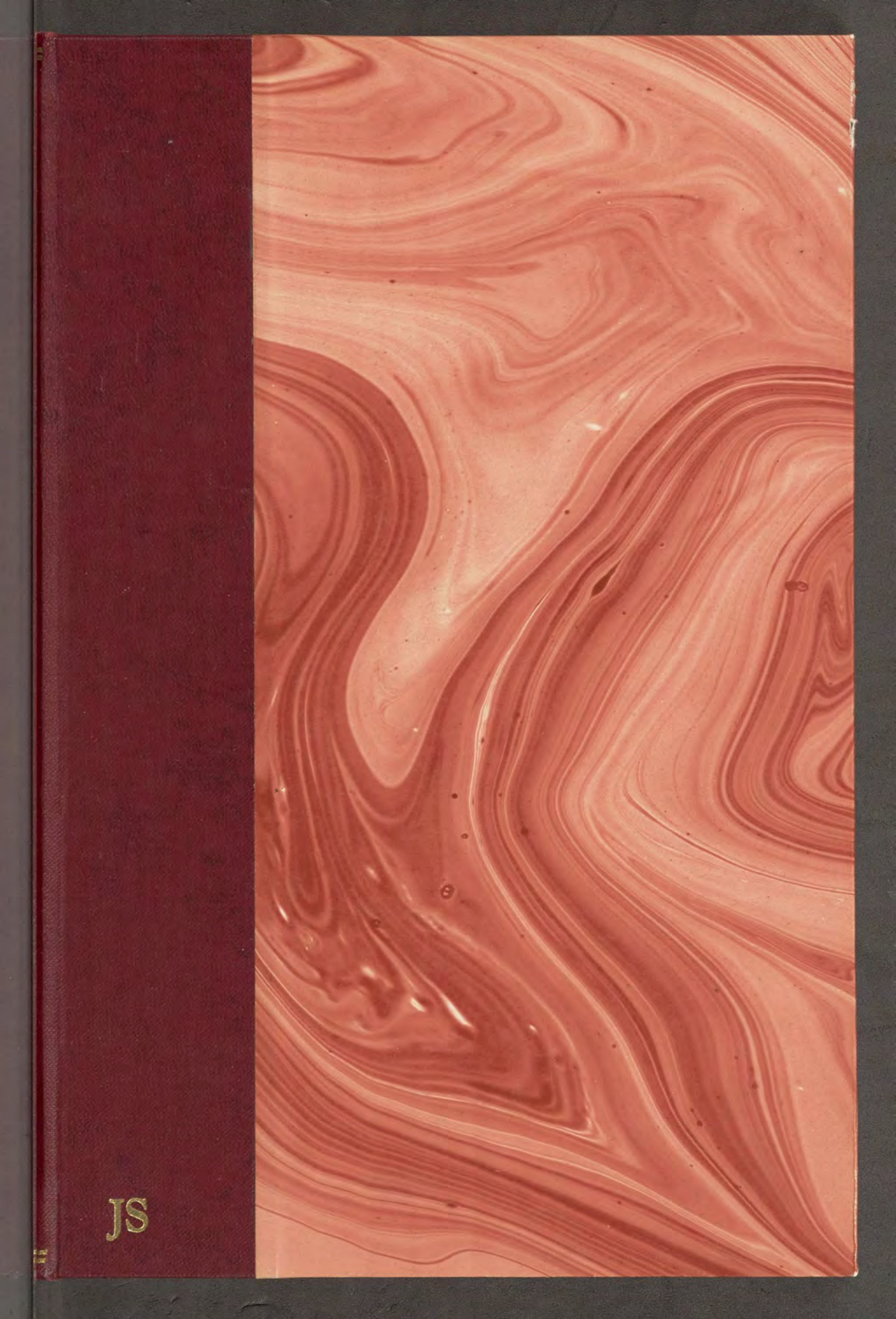
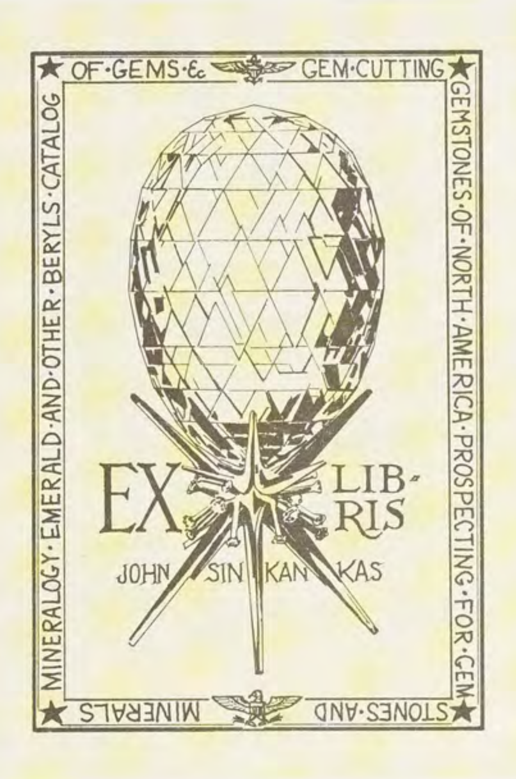

JS


OF·GEMS·&c GEM·CUTTING
GEMSTONES·OF·NORTH·AMERICA·PROSPECTING·FOR·GEM
STONES·AND MINERALS
MINERALOGY·EMERALD·AND·OTHER·BERYLS·CATALOG
EX LIB-RIS
JOHN SIN KAN KAS

G 11

A Mr. Lapparent,
S. S. S.,
Benito Hernando Monge

ESTUDIOS

SOBRE

DESARROLLO DE MACLAS

ESTUDIOS

SOBRE

DESARROLLO DE MACLAS

(CON 36 LÁMINAS)

POR

Benito Hernando y Monge

Alumno de 2.° año de la Facultad de Farmacia de la Universidad Central,
Naturalista agregado al Museo de Ciencias naturales de Madrid y Socio numerario
de la Real Sociedad española de Historia natural.

(Publicado en las *Memorias de la Real Sociedad española de Historia natural*, tomo III, 1905.)

mem. 4,

MADRID
ESTABLECIMIENTO TIPOGRÁFICO DE FORTANET
IMPRESOR DE LA REAL ACADEMIA DE LA HISTORIA
Calle de la Libertad, núm. 29

1905

ESTUDIOS

SOBRE

DESARROLLO DE MACLAS

POR

D. BENITO HERNANDO Y MONGE

El principio de aquéllos fué presentado por mi maestro Don Lucas Fernández Navarro (bajo cuya dirección los ejecuté en el laboratorio de su cátedra de Cristalografía), á la Real Sociedad española de Historia natural, en la sesión del día 1.° de Junio del año de 1904.

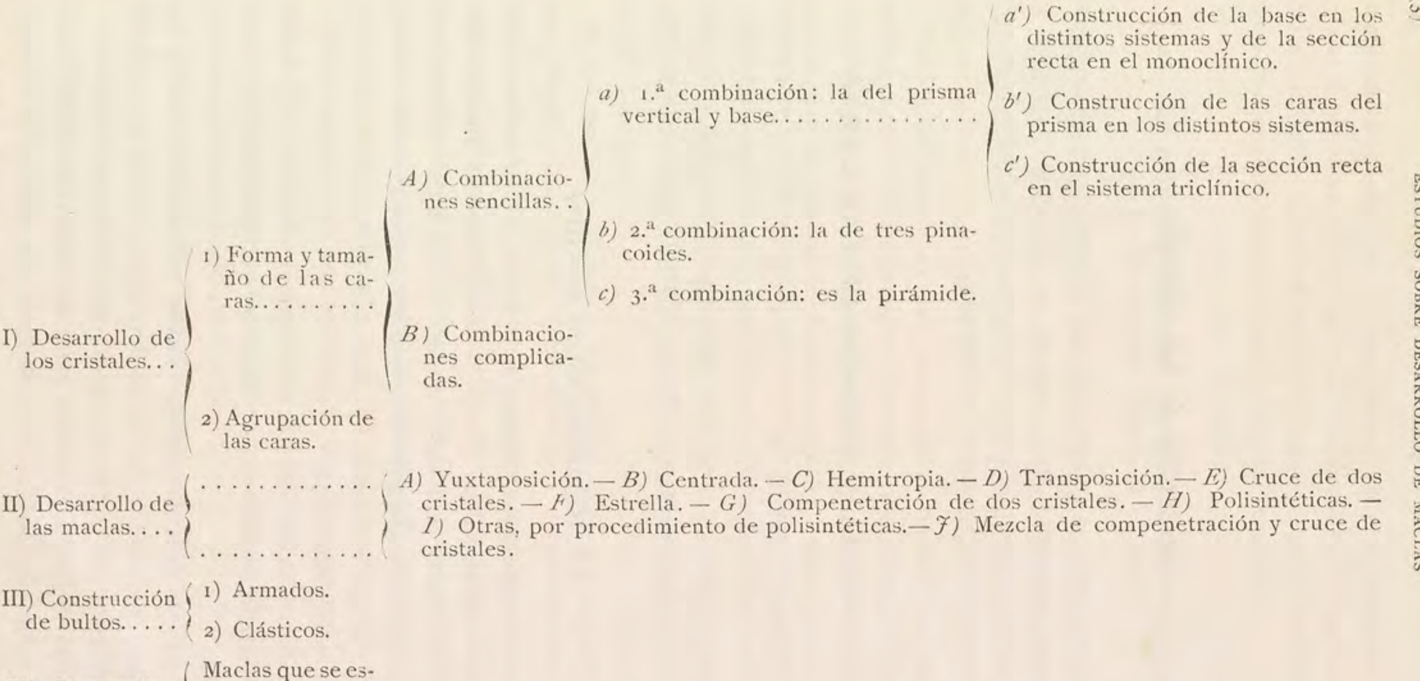
Se publicaron en el Boletín de esta Sociedad, en el número de dicho mes, la lista de los desarrollos hechos hasta entonces, unas generalidades y el estudio de los desarrollos de las maclas del cuarzo y de la espinela con sus láminas; con más, las de los desarrollos de la macla del romboedro de calcita, del pico de estaño, del rutilo y de la de Carlsbad.

En el actual trabajo va expuesta la marcha seguida en la deducción del desarrollo de los cristales, empezando por la forma de las caras en las combinaciones sencillas (del prisma vertical con la base, de los tres pinacoides y la pirámide); y continuando con la forma en las combinaciones complicadas y el modo de agrupar las caras para constituir el desarrollo.

Sigue la investigación del desarrollo de las maclas, una vez conocido el de los correspondientes cristales; el modo de hacer

por medio de cartulina, con los desarrollos obtenidos, los poliedros ó bultos armados, y los clásticos, para lo cual llevan las líneas de los desarrollos varios signos convencionales, cuyo significado se indica al hablar del modo de construir los bultos; y termina el estudio con la lista de 29 maclas desarrolladas y la descripción abreviada de las láminas.

El adjunto cuadro indica el plan de esta Memoria.



- I) Desarrollo de los cristales...
  - 1) Forma y tamaño de las caras.........
    - A) Combinaciones sencillas..
      - a) 1.ª combinación: la del prisma vertical y base................
        - a') Construcción de la base en los distintos sistemas y de la sección recta en el monoclínico.
        - b') Construcción de las caras del prisma en los distintos sistemas.
        - c') Construcción de la sección recta en el sistema triclínico.
      - b) 2.ª combinación: la de tres pinacoides.
      - c) 3.ª combinación: es la pirámide.
    - B) Combinaciones complicadas.
  - 2) Agrupación de las caras.
- II) Desarrollo de las maclas.... .... *A)* Yuxtaposición. — *B)* Centrada. — *C)* Hemitropia. — *D)* Transposición. — *E)* Cruce de dos cristales. — *F)* Estrella. — *G)* Compenetración de dos cristales. — *H)* Polisintéticas. — *I)* Otras, por procedimiento de polisintéticas. — *J)* Mezcla de compenetración y cruce de cristales.
- III) Construcción de bultos.....
  - 1) Armados.
  - 2) Clásticos.
- IV) Desarrollos en particular..
  - Maclas que se estudian.
  - Descripciones.

I

Desarrollo de los cristales.

Como es sabido, la construcción del desarrollo de los cristales comprende dos partes: en la primera se determina la forma y tamaño de las caras que los constituyen, y en la segunda se estudia la manera de agruparse las mismas.

1).—FORMA Y TAMAÑO DE LAS CARAS

Dependen de su naturaleza cristalográfica y de sus relaciones con valores constantes del cristal, como son sus ángulos diedros y la relación áxica; y dependen también del número y naturaleza de las demás caras, con las que las primeras se hallen combinadas.

A).—Combinaciones sencillas.

Conviene empezar averiguando la forma de las caras en las combinaciones sencillas, y que pudieran llamarse *fundamentales*, pues conocida aquélla, se deduce la que puede presentarse en las distintas combinaciones complejas, porque en estos casos ha de ser menor en tamaño y deducible de la que tiene en la combinación fundamental.

Las combinaciones sencillas y fundamentales son: *1.ª, la del prisma vertical con la base; 2.ª, la de los tres pinacoides; y 3.ª, la pirámide.*

Respecto de cada una de ellas existe un método especial de desarrollo, que siempre ha de ser tenido en cuenta al construir el de un cristal, en que entra alguna de dichas combinaciones.

Como parte general, común á todos los desarrollos, debe consignarse que hay que empezar siempre por deducir la forma y

magnitud de la *base*, si el cristal es del sistema exagonal, tetragonal y rómbico; ó bien, las de la *sección recta* (polígono que resulta cortando el cristal por un plano normal al eje vertical en su punto medio), si es del monoclínico y triclínico.

a).—La primera combinación de las fundamentales es la de prisma vertical y base.

Las caras del prisma en los distintos sistemas son rectángulos ó romboides, uno de cuyos lados (las aristas verticales) tiene un valor idéntico al del eje vertical; el segundo lado de estos polígonos se halla constituído por las aristas básicas.

En los sistemas exagonal, tetragonal y rómbico, las caras son rectángulos; en el monoclínico se encuentran formadas por cuatro paralelogramos romboides iguales; y en el triclínico, por cuatro paralelogramos romboidales, iguales dos á dos.

a') Construcción de la base en los distintos sistemas y de la sección recta en el monoclínico.

La deducción de la forma de la base, y por tanto la manera de hallar la longitud de las aristas básicas, es distinta en los diversos sistemas.

En el rómbico la base es un rombo, que puede construirse conociendo sus diagonales (relación áxica de los ejes horizontales), ó sabiendo cuál es el ángulo que comprenden entre sí sus lados, que es el mismo que forman entre sí las caras del prisma; y para mayor facilidad se toma como dato el ángulo obtuso.

En el monoclínico, conocida la relación áxica, basta con dibujar un rombo cuyas diagonales sean los ejes transverso y clinoeje.

Si tomamos como datos el ángulo β de los ejes y el que forman entre sí las caras del prisma, construimos con este último ángulo un rombo (como si se tratase del sistema rómbico), que representa la *sección recta* del prisma.

La diagonal opuesta al ángulo dado es una de las del rombo base.

La otra diagonal de este rombo se determina construyendo un triángulo rectángulo, uno de cuyos catetos sea la segunda diagonal del rombo de la sección recta y cuyo ángulo agudo

adyacente sea igual al ángulo β, menos 90°. La hipotenusa de este triángulo es la diagonal buscada.

Con esta diagonal y con la anterior se construye el rombo base.

En el sistema triclínico es un paralelogramo, cuyas diagonales representan al braqui y macroeje y dan lugar á un ángulo igual al que forman dichos ejes.

En los sistemas tetragonal y exagonal, el caso en que el prisma es proto ó deutoprisma, debe ser distinguido de aquel en que es ditetragonal ó diexagonal; y en ambos casos es preciso conocer la relación áxica.

En el caso de ser proto ó deutoprisma, se tiran, en el sistema tetragonal, dos rectas normales entre sí; y contando desde el punto de unión, se limitan todas ellas con la misma distancia, igual á la mitad de los ejes transversos.

En el sistema exagonal se tiran tres líneas que se corten en un punto y formen entre sí ángulos de 60°; y después, tomando como centro su punto de intersección, se las limita con una distancia igual á la mitad de los ejes horizontales.

Cuando el prisma es protoprisma, se unen entre sí los puntos resultantes, y si es deuto, se tiran por ellos rectas paralelas al otro eje. El polígono que se forma representa la base.

Cuando el prisma es ditetragonal ó diexagonal, una vez dibujadas, como en el caso anterior, las rectas que representan los ejes transversos, se marcan en ellas, contando desde su punto de intersección dos distancias proporcionales á los índices mayor y menor de la fórmula, y se unen los puntos resultantes por medio de rectas, que por sus intersecciones originan el polígono buscado.

b') *Construcción de las caras del prisma en los distintos sistemas.*

Los lados de los polígonos anteriores son las aristas básicas que, según se ha dicho, son uno de los valores que, en unión con las aristas verticales, idénticas al eje vertical, determinan las caras del prisma, bastando para ello construir con estos valores un rectángulo en los sistemas exagonal, tetragonal y rómbico.

La construcción de estas caras en el sistema monoclínico, después de determinada la base, se efectua del modo siguiente:

Se tiran dos rectas paralelas cuya separación sea la magnitud de los lados del rombo de la sección recta del cristal, pues este valor mide la anchura de dichas caras; se marca en una de estas paralelas una línea idéntica al eje vertical, y haciendo centro en los extremos de esta longitud marcada, se corta la otra paralela con dos arcos cuyo radio sea igual á los lados del rombo base. El paralelogramo que así se dibuja representa las caras del prisma.

En el sistema triclínico, los dos paralelogramos romboides distintos, que constituyen las caras del prisma, se determinan de igual modo que en el monoclínico, tomando como distancia que separa las rectas paralelas (que representan las aristas verticales) el lado del paralelogramo romboide de la sección recta correspondiente á la arista básica empleada; y como radio del arco, el lado correspondiente del paralelogramo base.

c') *Construcción de la sección recta en el sistema triclínico.*

Para realizarla es preciso conocer los ángulos que forman entre sí las caras del prisma, y además la longitud de uno de los ejes horizontales y el ángulo que forma dicho eje con el vertical.

Se empieza construyendo un triángulo rectángulo, cuya hipotenusa es el eje dado, y uno de los ángulos agudos adyacentes es igual al que forma dicho eje con el vertical, menos 90°.

El cateto resultante, que con la hipotenusa forma dicho ángulo, es la diagonal del paralelogramo romboide de la sección recta, cuyos ángulos son iguales á los que forman entre sí las caras del prisma.

b).—La segunda combinación de las fundamentales es la de los tres pinacoides.

La manera de hallarla está fundada en la que se refiere á la anterior.

En el sistema rómbico, las caras que la constituyen son rectángulos.

En el monoclínico, las de la base y ortopinacoide son rectángulos; y las del clinopinacoide son romboides.

En el triclínico las tres son romboides.

Los datos que se emplean son los mismos que en la combinación anterior.

En el sistema rómbico, después de construir el rombo base, desde un punto cualquiera de uno de sus lados, que no sea un vértice, se tiran rectas paralelas á las diagonales de este polígono, hasta que sean cortadas por los lados del rombo que se apoyan en los extremos del lado, en el cual se tomó el punto de partida.

Las dos rectas resultantes son los lados del rectángulo base, y con cada uno de estos valores y el eje vertical se construyen las caras del macro y braquipinacoide, según se emplee la recta paralela á la macro ó á la braquidiagonal.

En el sistema monoclínico, para la determinación del pinacoide básico se sigue idéntica marcha que en el rómbico.

La recta paralela á la diagonal correspondiente al ortoeje, y la que lo es al eje vertical, son lados de los rectángulos caras del ortopinacoide.

La otra recta y el eje vertical miden los lados del paralelogramo que constituye las caras del clinopinacoide y forman entre sí un ángulo igual al β de los ejes.

En el triclínico se encuentra el pinacoide de un modo análogo al seguido en el rómbico.

Se construye el paralelogramo base por el método indicado en la primera combinación, y por un punto de uno de sus lados se tiran paralelas á las diagonales, con lo cual tenemos las rectas y el ángulo que forman el paralelogramo del pinacoide básico.

Estas rectas son uno de los lados de los paralelogramos que constituyen las caras de los otros pinacoides, cuyo otro lado es el eje vertical, y el ángulo comprendido entre sus lados es idéntico al que forma con el eje vertical el eje á que son paralelos.

c). — La tercera combinación de las fundamentales es la pirámide.

En la manera de encontrar su desarrollo difiere por completo de las demás combinaciones, y es de tal importancia la pirámi-

de, que al hallarse en un cristal asociada á otras formas, la determinación de éstas debe ser subordinada á la de aquélla.

Los datos necesarios, en todos los sistemas, para averiguar el desarrollo de la pirámide, es la relación áxica y los ángulos que forman los ejes entre sí.

En los sistemas exagonal y tetragonal se puede encontrar el desarrollo, ya se halle sola ó en combinación con el prisma, conociendo el ángulo que forman con las caras del prisma las de la pirámide, siendo ambos de igual nombre.

Es aceptable, como dato, el ángulo que forman entre sí dos caras de la pirámide en una arista ecuatorial, pues basta añadir 90° á la mitad de dicho ángulo para obtener el que forman las caras de la pirámide con las del prisma correspondiente.

Las caras de la pirámide son triángulos, de cuyos lados se toma por base el que se halla constituído por las aristas ecuatoriales, cuya longitud se averigua construyendo la base correspondiente por el método indicado al tratar de la primera combinación.

Las demás aristas se determinan del modo siguiente:

En el sistema tetragonal, como las ocho aristas son idénticas, basta dibujar un rombo, empleando como diagonales el eje vertical y uno de los transversos. Los lados de este rombo son las aristas polares de la pirámide.

En el rómbico se construyen dos rombos, eligiendo como diagonales el eje vertical y uno de los transversos. Los lados de estos polígonos representan las dos clases de aristas polares que tiene la pirámide rómbica.

En el monoclínico se dibujan un rombo de diagonales idénticas al eje vertical y al ortoeje, y un paralelogramo romboide, cuyas diagonales sean los ejes vertical y clinoeje y que formen entre sí un ángulo igual al β de los ejes.

En el triclínico hay que construir dos paralelogramos con diagonales idénticas al eje vertical y á cada uno de los transversos, y que formen entre sí un ángulo de la misma abertura que el que tienen en el cristal los ejes que representan.

Los lados de estos polígonos son las aristas buscadas.

En las proto y deutopirámides de los sistemas exagonal y

tetragonal, cuyas caras son triángulos isósceles, pueden resolverse éstos, no partiendo de la base y de los lados iguales, sino de la base y la altura; para lo cual hay que determinar el ángulo que forman dichas caras con el prisma de igual nombre.

La base de estos triángulos tiene igual medida que los lados del polígono base y que se construye del modo expuesto en la primera combinación.

La altura de los triángulos se investiga, en el caso de conocer el ángulo en la arista ecuatorial, construyendo un triángulo isósceles, cuya base sea la distancia que separa dos aristas ecuatoriales opuestas (distancia que separa lados opuestos de la base), y cuyos ángulos adyacentes sean la mitad del ángulo dado.

Los lados de estos triángulos son las alturas pedidas.

Si se sabe cuál es el ángulo que forman las caras del prisma con las de la pirámide, para encontrar la altura de los triángulos de ésta se dibuja un triángulo rectángulo, uno de cuyos catetos tenga por medida la mitad de la distancia que separa lados opuestos de la base, y por ángulo agudo adyacente uno que sea igual al dado, menos 90°.

La hipotenusa de estos triángulos es la altura pedida.

B).—Combinaciones complicadas.

Conocido el modo de encontrar el desarrollo de cada una de las formas fundamentales, se halla el de un cristal construyendo, además de la sección recta, la determinada por un plano que contenga los ejes vertical y transverso, y también la que se origina por el plano que contenga los ejes vertical y ántero-posterior.

En estas secciones las rectas que las constituyen pueden representar las aristas del cristal ó el corte de sus caras, como se ve en el siguiente cuadro:

		En la sección originada por el plano que contiene los ejes	
		vertical y transverso.	*vertical y ántero-posterior*
a) Las líneas paralelas al eje vertical representan...	Aristas del cristal..	Prisma......	Prisma.
	Corte de sus caras..	Pinacoide paralelo al eje ántero-posterior........	Pinacoide paralelo al eje transverso.
b) Las líneas paralelas al otro eje representan.........	Aristas del cristal..	Domo paralelo al eje transverso......	Domo paralelo al eje ántero-posterior.
	Corte de sus caras..	Base.........	Base.
c) Las líneas oblicuas á ambos ejes representan...	Aristas del cristal..	Pirámide.....	Pirámide.
	Corte de sus caras..	Domo paralelo al eje ántero-posterior...	Domo paralelo al eje transverso.

La sección recta y las dos últimamente enumeradas proporcionan, como datos para construir los polígonos que constituyen las caras del cristal, los lados y ángulos de estas caras, ó sus diagonales, ó la distancia que separa dos lados opuestos y paralelos. Con los datos suministrados por las secciones hay lo suficiente, por regla general, para construir los polígonos.

En el orden expuesto deben utilizarse las secciones. No siempre son indispensables las tres; pero sí lo es, en todas ocasiones, la sección recta. Se emplea también como método de resolución (si no bastan para determinar la forma las tres secciones, ó si se encontrase mayor rapidez), la proyección ortogonal de una de las dos mitades en que el cristal resulta dividido por el plano de corte.

Este método es indispensable cuando alguna cara del cristal, por su posición y tamaño pequeño, no puede ser cortada por los planos de sección, ni tiene arista alguna comprendida en éstos.

Sin embargo, como cada arista del cristal es común á dos caras, pueden ser determinadas, en muchos casos, algunas que no son cortadas por el plano de sección, sin necesidad de proyectarlas, tomando por datos las aristas de las caras contiguas.

2). —AGRUPACIÓN DE LAS CARAS

Construídas todas las caras, es preciso reunirlas en una sola figura para obtener el desarrollo.

En esta agrupación lo principal que hay que tener en cuenta es el *unir formando una faja* (pues es como resulta mejor) todas las caras paralelas al eje vertical (prismas y pinacoides). En el centro de dicha faja se coloca la cara; ó bien la arista que se halla más próxima al observador, cuando el cristal se encuentra orientado.

En el primer caso, el de haber una cara de pinacoide frente al observador, ésta no cae completamente en medio, y es conveniente colocar la cara opuesta del pinacoide á la derecha del dibujo.

Las demás caras del cristal *se distribuyen en varios grupos iguales*, y se pone en contacto cada uno de estos grupos con la cara correspondiente del prisma (véase el desarrollo de la macla del cuarzo y de la casiterita), ó *se reunen en un solo grupo*, que se coloca contiguo á una cara del prisma; ó mejor, del pinacoide paralelo al eje ántero-posterior, si lo hay.

Véase el desarrollo de la macla del rutilo, como ejemplo del caso en que no hay pinacoides; y el del cristal del yeso y de la augita, como ejemplo del caso en que los hay.

II

Desarrollo de las maclas.

Lo deducimos del de los cristales, fundándonos en las alteraciones que éstos sufren al maclarse, las cuales varían según el origen de las maclas.

A) En el caso en que aparecen por *yuxtaposición* formando ziszás, basta unir varios desarrollos del cristal, en los que se haya suprimido la cara de yuxtaposición.

B) Si la macla es *centrada* (macla de Molina de Aragón, en el aragonito; ídem de Bilin, en ídem; burnonita, cresta de gallo), como quiera que varias caras (una de cada cristal) se reunen formando una sola, hay que unir los desarrollos de cada uno de los cristales, suprimiéndoles la cara de unión, y además la que, por juntarse con otras, da lugar á una única mayor, con la que sustituimos á todas ellas en el desarrollo.

C) Cuando se trata de la *hemitropia* (cuarzo, calcopirita, rutilo, augita, yeso en flecha, en lanza, distena) hay que determinar la configuración de las dos mitades en que resultó dividido el cristal; para lo que basta proyectarlo en el plano que contiene al eje vertical, y además es perpendicular al plano de corte.

En la proyección que se construye, éste se encuentra representado por una recta que divide las aristas del cristal en dos porciones. Cada una de éstas se va marcando en las rectas correspondientes del desarrollo; se unen entre sí, por medio de rectas, los puntos resultantes, y de ese modo se divide dicho desarrollo del cristal en dos partes, las cuales, al ser invertida su posición, dan el desarrollo de la macla.

D) En el desarrollo de maclas debido á *transposición* (macla de cubos, según cara de octaedro, en la fluorita; macla de las espinelas; macla de dos escalenoedros, según la base, en la calcita; ídem de dos romboedros, según la base, en la calcita), se usa el

mismo procedimiento que en la hemitropia; y aun simplificado, pues por efecto de la regularidad de los cristales, el problema queda reducido á encontrar las dos mitades en que sus caras resultan divididas, que generalmente se obtienen uniendo los puntos medios de dos de sus lados.

E) Respecto de las originadas por el *cruce de dos cristales* (todas las estaurolitas, mispiquel), se necesita averiguar el ángulo que forman los ejes cristalográficos principales de uno y otro cristal en la macla. Conocido este ángulo, se hace la proyección de la macla en el plano que contiene los dos ejes, con lo cual se determina también la parte de cada uno de los cristales que se pierde al maclarse.

Las medidas que resultan de esta proyección las marcamos sobre las rectas del desarrollo, con lo que lo dividimos en tres partes: una central, que desaparece; y otras dos laterales, que representan lo que se conserva.

F) En las maclas *en estrella* (cerusita), que por su analogía con las anteriores tienen igual desarrollo que ellas, es necesario construir, ante todo, la sección por un plano normal al eje de unión de los cristales, y que pase por el punto medio de dicho eje.

G) Cuando la macla se halla formada por *compenetración de dos cristales*, con pérdida parcial de materia (maclas de la casiterita, llamada «pico de estaño» y de Carlsbad en la ortosa), se construye el desarrollo de cada uno de los cristales, suprimiendo las partes que desaparecen, y se unen después los restos de los desarrollos.

H) Si las maclas son *polisintéticas*, se pueden dividir en varias partes iguales, desarrollar cada una de éstas, y unir, por fin, los desarrollos obtenidos.

La cristianita es excepción de esta regla; porque no pueden unirse los desarrollos ni aun de tres partes (tres radios), siendo necesario variar la forma de alguno de ellos para obtener el de la mitad de la macla.

Tampoco se consigue el de la totalidad uniendo el de las dos mitades; siendo preciso, para lograrlo, descomponer varios desarrollos de sextas partes (radios), y unirlos después.

I) Otras, aunque no son polisintéticas, pueden desarrollarse por tal procedimiento, de lo que, entre otras, son ejemplo las siguientes:

J) Son *mezcla de compenetración y cruce de cristales* (macla de cubos, según el triaquisoctaedro, en la fluorita; cruz de hierro, macla de complemento de dos tetraedros, diamante; ídem de cuatro tetraedros, diamante); por lo general son susceptibles de dividirse, como las polisintéticas, en varias partes iguales, las que se componen de caras, cuyas formas fácilmente se deducen de la cara del cristal origen, y pueden ser desarrolladas como las polisintéticas.

III

Construcción de bultos armados y de bultos clásticos.

1). — BULTOS ARMADOS

Si el desarrollo obtenido lo dibujamos sobre una lámina extensa y lo más delgada posible, que sería la representación práctica de la superficie, y después de cortada aquélla por las líneas externas del dibujo, vamos doblándola por las aristas dibujadas en su parte interna, lograremos cerrar con esta superficie un poliedro igual al desarrollado.

Al final de la descripción de las láminas correspondientes á cada macla se hallan indicadas las *dimensiones* que se han de dar á los desarrollos, para la más fácil construcción del poliedro.

La materia más á propósito para armar estos poliedros es una cartulina muy poco gruesa, de las llamadas de cuarenta kilogramos, en una de cuyas caras, que se elige como haz, se dibuja el desarrollo y queda, por tanto, la opuesta como envés, que también se utiliza para marcar algunos trazados.

Para doblar la cartulina por las líneas dibujadas en la parte interna del desarrollo, sin que forme arrugas en las aristas, ni mucho menos en las caras del poliedro, es preciso rayarla un poco con un instrumento cortante (bisturí, navaja, etc.), por la línea dibujada en el haz de la cartulina, si el ángulo que forman las caras es saliente; ó por el envés, si dicho ángulo es entrante; pero sin que la incisión sea demasiado profunda, porque la parte de cartulina que sufre es únicamente la que queda sin rayar, y puede romperse al doblarla y hasta al ir armando el resto, si es demasiado delgada.

Estas reglas, repito, se refieren tan solo á las aristas que quedan en la parte interior del desarrollo.

Por lo que atañe á las caras, cuyas aristas se hallan en los bordes del mismo, para unir unas con otras hay que dejar unas prolongaciones de la cartulina, que no forman parte del desarrollo, sino que son simplemente un medio de enlazar, y se llaman *pestañas*.

Para la colocación y forma de éstas hay que distinguir dos casos:

Primer caso.—Si las dos caras que se van á unir forman ángulo saliente, se deja pestaña á una de las caras, y la arista que une á ambas se raya por el haz de la cartulina.

En la otra cara ni se raya su arista, ni se deja pestaña, sino que se corta y separa toda la cartulina que no forma parte del desarrollo.

Esta cara, por la arista cortada, irá á colocarse sobre la pestaña de la otra correspondiente, ya preparada como se dirá.

Segundo caso.—Cuando las dos caras forman ángulo entrante, se deja pestaña en las dos líneas del desarrollo que van á originar la arista del poliedro, en la cual se forma dicho ángulo entrante.

Por el haz de la cartulina se raya la arista de unión de las caras con sus pestañas. Estas se juntan al cerrarse la figura y quedan ocultas en el interior.

Hay casos, sin embargo (como sucede en los desarrollos de las maclas del diamante), en que, por la posición especial de sus caras, no quedan en los bordes del desarrollo las dos aristas

que se han de unir en el ángulo entrante; y entonces no se puede poner pestaña más que á la que se halla al exterior y es menester rayar dicha arista por debajo, para que pueda formar ángulo entrante y pegarse en ella la cara que no lleva pestaña.

Por las aristas que hay en los bordes de la figura, y que no llevan pestañas, se corta la cartulina que no forma parte del desarrollo.

Si la forma que se va á armar no tiene ningún ángulo entrante, basta con ir colocando pestañas sobre una arista sí y otra no de las de los bordes.

En los demás casos la colocación de ellas depende de la forma del poliedro. Para mayor facilidad conviene dejar todas, y cortar las que sobren al ser armada la figura.

En las láminas de los desarrollos, los sitios en que han de ponerse las pestañas y el modo de rayar las aristas se hallan representadas por medio de los signos, cuya explicación se da en el cuadro siguiente:

LÍNEAS

- Interiores
  - Sin signo: Dan ángulo saliente; y se *rayan* por el haz de la cartulina.
  - Con el signo V: Dan ángulo entrante; y se *rayan* por el revés de la cartulina.
  - Con una *t*: Se *hiende por completo* la cartulina.
- Exteriores
  - *Sin signo*: No llevan pestañas; y se *corta* la cartulina por las líneas.
  - *Con signo*. Llevan pestañas; y se *raya* la cartulina por el
    - Haz
      - Con el signo +: Originan ángulo saliente; y la pestaña va á colocarse debajo de una de las caras, cuyas líneas exteriores se cortan su su totalidad.
      - Con el signo +<: Originan ángulo entrante; y su pestaña va á unirse con otra análoga.
      - Con el signo —: Pestañas como para formar ángulo entrante; pero las caras resultan en un plano.
    - Revés
      - Con el signo (+<): Originan ángulo entrante; y su pestaña va á colocarse debajo de la cara correspondiente.

Las pestañas se relacionan, respecto de su forma y tamaño, con los de la cara, debajo de la cual se encuentran; no necesitan ser tan grandes como las caras, sino que es suficiente que tengan de medio á un centímetro de ancho, y deben ocupar toda la arista de unión, en lo que hay que fijarse muy especialmente.

Cortado todo, para armar la figura se ponen unas gotas de disolución fuerte de goma, que se seque pronto (como el syndetikon), sobre la pestaña, extendiéndola con un pedazo de cartulina por toda ella, de modo que junto á las aristas de unión de las caras con la pestaña quede la menor cantidad posible de goma, y que el resto vaya hacia los bordes de la pestaña.

Así preparada, se coloca sobre ella la cara correspondiente, empezando por la arista y yendo hacia el final de la pestaña.

Ya bien colocadas, se las sujeta con unas pinzas de presión, con objeto de que no se muevan; y se tiene cuidado de poner, principalmente en la parte interior, un papel intermedio para que la goma, que forma rebaba por dicha parte interna, caiga en el papel y no manche las pinzas.

Si alguna gota saliera por la arista al exterior, se va quitando con un trocito de cartulina, con el fin de que no se quede en la arista, ni mucho menos en las caras.

Por esto, al extender la goma en la pestaña, debe ponerse la menor cantidad posible junto á la arista.

En el resto de aquélla tampoco se ha de colocar gran cantidad de goma, pues además de tardar mucho en secarse, pueden aparecer, en la parte exterior de la cara, arrugas debidas á la humedad de la goma.

Si á pesar de estas precauciones, ó porque estuviesen sucios los dedos, cayera alguna gota en las caras, puede quitarse (en cuanto se vea la mancha, y sin dar tiempo á que se seque), con un trapito de hilo bien empapado en agua, pero sin que gotee, y que se prepara introduciéndole en agua y exprimiéndole después, para que suelte el exceso de líquido.

Así se van cerrando todas las caras, y se cuida de no untar de goma una pestaña hasta que se haya secado la anterior, excepción hecha de las propias de la cara que cierre el poliedro y

de aquellas sobre las que ésta se va á apoyar, todas las cuales se han de untar á la vez. Se sujeta la figura con las manos hasta que esté algo seca la goma, y después se coloca un pequeño peso (por no poder usar pinzas) para que no se deforme.

De las caras que se elijan para el principio y el término dependen en gran parte la facilidad y buena armazón de las figuras.

En las regulares debe comenzarse por aquella cara que se encuentre situada en la parte más interior del desarrollo.

Para terminar, se ha de escoger la cara que lleve el menor número de pestañas, ó se apoye en la menor cantidad de las mismas, procurando también, en igualdad de las demás circunstancias, escoger aquella cuya forma se aproxime más al cuadrado ó al rectángulo.

Si no quedase bien el poliedro, puede corregirse algo; sobre todo, se hace que formen un solo plano aquellas caras que debiendo formarlo no llegaban á conseguirlo. Para esto se rodea con un hilo la figura, y se sostiene á modo de péndulo, encima de la lumbre, y se balancea á una distancia suficiente para que se seque sin tostarse. Una vez seca, se la desata y acaba de corregir con las manos.

Este medio de acelerar la desecación por el calor, que da muy buen resultado después de terminar toda la figura, no debe ser usado mientras ésta se está armando, pues á veces quedan las pestañas unidas solo á trechos, y dejando huecos que, en forma de ampollas, se acusan al exterior.

Cuando consta de varias partes iguales el poliedro, en vez de construirlo de una sola pieza, se simplifica el trabajo obteniendo el desarrollo de una de estas partes iguales, y repitiéndolo el número de veces necesario, armando cada una de dichas partes independientemente, excepto una de ellas, que permanecerá sin armar, y dejando en todas ellas pestañas, para empalmar unas partes con otras. Reunidas, se les agrega la última que se quedó únicamente cortada, porque es más fácil armarla al mismo tiempo que se pega con las otras, que el unirla ya armada.

Con frecuencia ocurren percances, debidos á tres causas prin-

cipales: mala incisión con el instrumento cortante, mal engomado de las pestañas ó mala naturaleza de la cartulina.

Los debidos á la incisión ocurren al ir armando la figura.

Sucede que, al doblar la cartulina, se arruga por haber olvidado practicar la incisión, ó por haberla hecho poco profunda. El remedio en estos casos es desdoblar la cartulina, ponerla peso encima, para quitar las arrugas, y rayarla de nuevo.

Por el contrario, si la incisión fué demasiado profunda, queda cortada la cartulina, siendo necesario pegarle por debajo un trozo de ella, que se encuentre rayada para doblarla con facilidad, ó un papel blanco.

También puede aplicarse este método, si se olvidó construir alguna pestaña: en tal caso, hay que hacer que la raya de la cartulina suplementaria coincida con la arista del poliedro, se pega uno de los lados de esta cartulina debajo de la cara, y queda el otro para sustituir á la pestaña.

Las pestañas auxiliares deben ocupar, lo mismo que las primitivas, toda la longitud de la arista.

Otros percances por mala incisión ocurren después de armada la figura.

Con frecuencia se abre la cartulina por las aristas. El remedio es abrir las aristas contiguas, poner pestañas auxiliares, y sobre ellas pegar la cara.

Por el mal engomado suelen despegarse las pestañas en toda su extensión, ó bien en trozos. Esto se corrige untando goma en los huecos con un pedazo de cartulina, y apretando para que agarre.

Si después de seca no quedase bien, se introduce la punta de una navaja para despegarla; se lava la goma que tiene, se la unta otra nueva y se coloca peso en las caras, para que agarre bien. No debe quitarse el peso hasta después de largo rato, para que se adhiera perfectamente.

Por la mala calidad de la cartulina sucede, con bastante frecuencia, que al secarse la goma que une la cara con la pestaña se desprende la primera capa de cartulina que forma ésta, quedándose adherida á la parte inferior de la cara, desprendiéndose el resto de la pestaña y quedando por tanto abierta la arista.

Este defecto se remedia untando goma en lo que resta y procurando que agarre.

Si esto se repite varias veces consecutivas en la misma pestaña, entonces, para que quede bien, conviene arrancar las capas de pestaña adheridas á la cara antes de untar nueva goma en el resto de aquélla. Pero si hubiese quedado muy delgada, se la corta por completo y se pone una pestaña auxiliar.

Con los poliedros en que varias de sus caras se reunen en un solo vértice, formando ángulos entrantes, suele ocurrir que se despeguen unos de otros antes de acabarse de secar la goma, y á veces después de seca, llegando, en este caso, hasta destruirse las pestañas.

Si éstas no se rompen, puede volverse á cerrar la figura introduciendo por la abertura formada un alfiler pequeño, que en su parte media lleva atado un hilo, cuyo extremo no se suelta de la mano.

De él se tira con precaución después de engomar las pestañas, y teniendo sujeta la figura, para conseguir que vuelvan á unirse las caras; no se suelta el hilo hasta que esté seca la goma, y aun para mayor seguridad, la figura debe quedar colgada del mismo, el cual ha de cortarse transcurrido algún tiempo.

Si después de armado el poliedro se rompe ó mancha alguna cara, se quita ésta, se ponen pestañas en las aristas correspondientes, se las engoma y sobre ellas se coloca una cara nueva ya cortada; ó mejor, se pone sobre ellas un pedazo de cartulina mayor que la cara, y una vez seco se recorta por las aristas.

2). — BULTOS CLÁSTICOS

Las figuras clásticas que emplean los geómetras para armar y desarmar los poliedros regulares con los desarrollos obtenidos, se aprovechan con igual objeto en cristalografía.

Se hacen en cartulina un poco más gruesa que la usada para los bultos armados, siendo la más á propósito la de 80 kg.

Su construcción consiste en dibujar el desarrollo en la cartulina, se rayan las rectas centrales de igual modo que al armar

los bultos, y las rectas exteriores se rajan por completo, excepto las correspondientes á la cara que se deja intacta.

Debe procurarse que ésta sea la base del cristal ó cualquier otro pinacoide; si esto no es posible, se elige aquella cara que tenga el mayor número de aristas libres, y en igualdad de condiciones la que tenga dos de ellas opuestas y libres.

IV

Desarrollos en particular.

MACLAS QUE SE ESTUDIAN

Sistema regular.

1. Macla de cubos, según cara de triaquisoctaedro en la fluorita.—2. Macla de cubos, según cara de octaedro, en la fluorita. 3. Macla de las espinelas.—4. Macla de complemento de dos piritoedros «cruz de hierro», de la pirita.—5. Macla de complemento de dos tetraedros (diamante).—6. Macla de cuatro tetraedros (diamante).

Sistema exagonal.

7. Macla, según la deutopirámide, de los cuarzos del Delfinado.—8. Macla de dos escalenoedros, según la base (calcita).—9. Macla de dos romboedros, según la base (calcita).

Sistema tetragonal.

10. Macla de protopirámide, según una cara de la misma en la calcopirita.—11. Macla de la casiterita, llamada «pico de estaño».—12. Macla de dos prismas del rutilo, según la deutopirámide.

Sistema rómbico.

13. Macla de Molina de Aragón, en el aragonito.—14. Macla de Bilin, en el aragonito.—15. Macla centrada «Rädelerz», de la burnonita.—16. Macla «en cresta de gallo», de la marcasita.—17. Macla «en estrella», de la cerusita.—18. Macla «en cruz latina», de la estaurolita (prisma y base).—19. La anterior, en cristales formados por el prisma y los pinacoides.—20. Macla «en cruz de San Andrés», de la estaurolita.—21. Macla común del mispiquel.

Sistema monoclínico.

22. Macla de la augita, según el ortopinacoide.—23. Macla del yeso en flecha.—24. Macla en hierro de lanza (ley de París).—25. Macla de Carlsbad, en la ortosa.—26. Macla primera de la cristianita.—27. Macla segunda de la cristianita.—28. Macla tercera de la cristianita.

Sistema triclínico.

29. Macla de la distena, según el macropinacoide.

DESCRIPCIONES

Sistema regular.

I).—Macla de cubos, según cara de triaquisoctaedro, en la fluorita.

(Lámina 20.)

Consta de dos cubos, que se compenetran y cruzan por la mitad de sus aristas, y que suponemos de igual volumen, dando lugar á 36 caras de dos clases; 24 de estas son triángulos rectángulos, de cuyos catetos, uno tiene por valor la arista del cubo origen, y el otro la mitad de la misma.

Estas 24 caras se distribuyen en dos grupos iguales de 12.

Las 12 que constituyen cada grupo se unen alternativa-

mente, ya por un cateto, ya por la hipotenusa, formando, en el primer caso, un ángulo saliente, y en el segundo caso, un ángulo entrante, y se hallan dispuestas las 12 caras de modo que los 12 ángulos más agudos de los triángulos se juntan en un vértice.

Según esto, la macla presenta 12 ángulos entrantes y otros 12 salientes en las aristas indicadas.

Las 12 caras de otra clase (36 de la macla menos las 24 citadas) se reunen en seis grupos de dos triángulos rectángulos é isósceles, cuyos catetos tienen por magnitud la mitad de la arista de los cubos, y aparecen unidos por sus hipotenusas, dando origen á un ángulo diedro entrante.

La macla tiene, por tanto, seis ángulos entrantes formados en estas hipotenusas.

Los catetos de estos triángulos son las aristas de unión con las caras de los grupos anteriores, y forman 24 ángulos salientes.

Resultan, pues, en totalidad, 36 ángulos salientes y 18 entrantes.

Al hacer el desarrollo de esta macla, la suponemos cortada en dos partes iguales por el plano normal al eje que une los dos vértices dodecaédricos, que pasa por el punto medio de éste y contiene todas las hipotenusas de los triángulos pequeños.

Desarrollamos una de esas mitades trazando una circunferencia que tenga por radio la hipotenusa de los 12 triángulos mayores. Su centro representa uno de los vértices dodecaédricos.

Se delinean en dicha circunferencia seis cuerdas, una á continuación de otra, que sean de la longitud de la arista del cubo; se unen los extremos de estas cuerdas con el centro del círculo; desde este centro se bajan perpendiculares á las seis cuerdas, prolongándolas hacia el otro lado de la cuerda (opuesto al centro), hasta llegar á una distancia que sea la mitad de la arista del cubo.

Se unen después los extremos periféricos de estas perpendiculares con uno de los extremos de la cuerda respectiva, y así resultan los seis triángulos pequeños, con lo que se obtiene la mitad del desarrollo.

Los 12 triángulos rectángulos situados en la parte interior de la circunferencia y alternativamente unidos por un cateto ó la hipotenusa, son las 12 caras que constituyen el vértice dodecaédrico.

Los seis triángulos pequeños se originaron, según queda manifestado, al unir uno de los extremos de la cuerda con el extremo de la distancia tomada en la normal á la cuerda, contando desde ésta.

El desarrollo completo se consigue uniendo dos de estos desarrollos por medio de una de las hipotenusas de los triángulos pequeños, que juntos forman un cuadrado. En las prolongaciones de los lados opuestos de este cuadrado se encuentran los centros de las dos circunferencias.

Dimensión para construir el bulto: Arista del cubo = 6 cm.

Nota. Para construir el bulto se colocarán en la parte superior del desarrollo (Lám. 20) iguales signos que en la porción inferior.

2).—Macla de cubos, según cara de octaedro en la fluorita.

(Lámina 21.)

Puede suponerse originada mediante el corte de un cubo, por un plano normal á uno de los ejes ternarios en su punto medio, y el giro de las dos mitades resultantes.

Este plano (que es paralelo á dos de las caras del octaedro) divide en dos partes iguales todas las aristas del cubo que no se reunen en los extremos del eje ternario escogido, resultando, por tanto, divididas en dos partes las caras del cubo.

Una de ellas es un triángulo rectángulo isósceles, cuyos catetos tienen por longitud la mitad de la arista del cubo, y la otra parte de las caras es el resto del cuadrado que las forma.

Estas últimas partes, en número de seis, quedan reunidas en dos grupos de tres, situadas en los extremos del eje de la macla, y entre ellas aparecen las primeras partes, que son los seis triángulos susodichos, unidos entre sí por sus hipotenusas y enlazados con las otras partes por medio de sus catetos.

En el desarrollo existen, pues, como se ve en la lámina 2.ª, los dos grandes grupos unidos entre sí por uno de sus lados, y entre sus huecos aparecen amoldados los grupos de triángulos.

Dimensión para construir el bulto: Arista del cubo = 6 cm.

3).—Macla de las espinelas.

(Lámina 21.)

La cara que se elige por plano de corte del octaedro y combinación de la macla pasa por el centro del cristal y une, por tanto, los puntos medios de todas las aristas de éste, excepto las seis de las dos caras paralelas al plano de corte.

Las caras restantes quedan divididas en dos partes: una que es triángulo equilátero, cuyos lados tienen de longitud la mitad de las aristas del octaedro; y otra que es el trapecio restante.

Estas caras continúan en la macla, constituyendo una faja comprendida entre las dos caras del octaedro que se conservan intactas.

Cada dos triangulitos forman uno de los tres ángulos entrantes de la macla.

Los trapecios se unen por su base mayor con las caras intactas del octaedro, y por su base menor se reunen uno y otro, originando ángulos salientes, cuyas aristas se hallan en el mismo plano que las de los ángulos entrantes y constituyen un exágono regular.

Para hacer el desarrollo se tira una recta, que representa el grupo central de las seis aristas, y en ella se señala siete veces una longitud igual á la mitad de la arista del octaedro; se construyen sobre estas porciones, á un lado y á otro, triángulos equiláteros, empezando por los extremos y dibujando sobre una línea sí y otra no; y se tiran después dos rectas que unen los vértices de los cuatro triángulos de cada lado.

Estas líneas resultan paralelas á la primitiva y divididas en tres partes iguales, que son las bases mayores de los trapecios que se unen con las aristas de las caras intactas del octaedro.

En la parte central del dibujo así efectuado aparecen seis trapecios unidos por sus bases menores y cuatro grupos de triángulos unidos por sus bases.

Como en la macla tan solo hay tres de estos grupos, es preciso que desaparezca uno de ellos, y para conseguirlo se borra

un triángulo de cada uno de los grupos extremos, uno de un lado de la recta central y otro del lado opuesto.

La construcción de estos triángulos se hizo para determinar la posición y magnitud de las dos rectas paralelas á la central.

Dimensión para construir el bulto: La longitud que se marca siete veces en la línea central del desarrollo = 3 cm.

4). — Macla de complemento de dos piritoedros «cruz de hierro», en la pirita.

(Lámina 22.)

Debida á dos piritoedros iguales, que se compenetran de modo que las aristas largas de sus pentágonos se cruzan en ángulo recto, dos á dos, formando seis cruces que guardan entre sí la posición de las caras del cubo.

El pentágono de dichos piritoedros se encuentra representado en la figura 1.ª, en la cual se indican, con líneas de puntos, los valores que han de usarse.

La macla se considera dividida en seis partes idénticas, cada una de las cuales contiene una de las seis cruces.

Estas partes (fig. 2.ª) pueden subdividirse en cuatro grupos iguales, compuestos de tres triángulos, que son de dos clases.

Uno de dichos tres triángulos es isósceles, tiene los lados iguales del tamaño de la recta *b* y la base idéntica á la *d*, que sirve de unión entre las seis partes de la macla, y en la cual se forma un ángulo entrante.

Los ángulos que se hallan sobre las rectas *b* son salientes.

Los otros dos triángulos del grupo son escalenos, constan de las rectas *a*, *b* y *c:* por el lado *b* se unen al triángulo anterior; por el lado *a* se unen entre sí, en ángulo saliente, y el lado *c* sirve para la unión de unos grupos con otros, dando lugar á un ángulo entrante.

Las magnitudes de *a*, *b* y *c* se deducen del pentágono de los piritoedros origen (fig. 1.ª).

Basta, por consiguiente, desarrollar estos grupos y unirlos del modo expresado en la figura 3.ª

Los números de los triángulos se corresponden con los de la

figura 2.ª; las letras que indican las longitudes de los lados se corresponden con las de la figura 1.ª

Puesto que las seis partes de la macla guardan entre sí la posición de las caras del cubo, y el desarrollo de éste es una cruz, se unen los desarrollos de aquéllas tal y como se encuentran en la figura 4.ª, en donde se nota que cada una de las seis caras del cubo ha ido sustituyéndose por uno de los seis desarrollos de las mencionadas partes de la macla.

Esta consta de 72 caras, de dos clases: 24 de aquéllas son los triángulos isósceles originados por *b* y *d*, unidos dos á dos por la base *d*, y dan lugar á un ángulo entrante.

Luego el número de ángulos entrantes, formados en las aristas *d*, es 12.

Las 48 caras que restan son los triángulos escalenos *a*, *b*, *c*.

En las aristas *a* y *b* existen ángulos salientes.

En las aristas *c* hay ángulos entrantes.

El número de estos ángulos es:

24 salientes en las aristas *a*.

48 salientes en las aristas *b*.

24 entrantes en las aristas *c*.

Total de ángulos diedros:

Salientes $= 24a + 48b = 72$.

Entrantes $= 12d + 24c = 36$.

Dimensión para construir el bulto: Lado mayor del pentágono = 5 cm.

Nota. La figura 5.ª representa la sexta parte del desarrollo de la macla «cruz de hierro», con los signos convencionales para la construcción del bulto, utilizando seis de aquéllas.

Si se usa el desarrollo completo, se rayan, por el revés de la cartulina, las líneas de unión de unas partes con otras. En las demás líneas de la figura 4.ª se emplean los mismos signos que en la figura 5.ª

5).—Macla de complemento de dos tetraedros (diamante).

(Lámina 23.)

Es el perfecto cruce de dos tetraedros, que suponemos de igual volumen, y tiene el aspecto de ocho tetraedros colocados sobre las caras de un octaedro regular.

Consta de 24 caras, todas triángulos equiláteros, formando 12 ángulos entrantes y 24 salientes.

Su desarrollo se reduce á dibujar el de la superficie libre de cada uno de los tetraedritos (desarrollo constituído por tres triángulos equiláteros, que dan origen á medio exágono regular) y á unirlos como se ve en la figura 1.ª

La unión de unos medios exágonos con los otros son las aristas, en las cuales se producen los ángulos entrantes de la macla.

Las caras, que en el desarrollo aparecen unidas por las rectas *t*, no lo están en la macla; por lo cual hay que hender por completo esa arista en la cartulina antes de armar la figura.

Dimensión para construir el bulto: Lado de los triángulos del desarrollo = 4 cm.

6).—Macla de cuatro tetraedros (diamante).

(Lámina 23.)

Se diferencia de la anterior en que se presentan truncados todos sus vértices, hallándose éstos reemplazados por caras que son triángulos equiláteros.

Consta de 32 caras, de dos clases.

Ocho de aquéllas son los triángulos equiláteros producto del truncamiento de los vértices.

Las otras 24 son trapecios debidos á los triángulos equiláteros de la macla anterior, de los que se restan los triángulos originados por la truncadura de los vértices.

Estas caras dan origen á 12 ángulos entrantes y 48 salientes.

El desarrollo es, por consiguiente, el mismo de la macla anterior; pero al construirlo, hay que ir suprimiendo (truncadura

de los vértices) los triangulitos respectivos del modo que se dibuja en la figura 2.ª

En cuanto á la incisión de las rectas *t*, hay que hacer igual advertencia que en la macla de complemento de dos tetraedros.

Dimensiones para construir el bulto: Iguales que en el anterior. El lado de los triángulos pequeños ha de ser un poco menor que la mitad del lado de los de la macla anterior.

Sistema exagonal.

7).—Macla, según la deutopirámide, de los cuarzos del Delfinado.

(Lámina 24.)

La constituyen dos prismas apuntados por sus romboedros y unidos en V.

Suponemos iguales los dos prismas; y en tal caso, las dos caras de uno de ellos, que son normales al plano de macla, se unen con las homólogas del otro prisma, dando origen á una sola, por hallarse en el mismo plano.

Los dos romboedros que apuntan cada uno de los dos prismas son iguales y forman con las caras prismáticas un ángulo de 141° 47'. El ángulo que forma la deutopirámide (que sirve de plano de combinación) con el deutoprisma es de 155° 33'.

Empecemos por dar un valor cualquiera xy (fig. 1.ª) á las aristas básicas de las caras del prisma, y con este valor construyamos un exágono regular, que representa la base del mismo.

Al determinar la magnitud de las caras del romboedro diremos: si el ángulo que forma el romboedro con el prisma es de 141° 47', el que forme con la base debe ser de 141° 47' — 90° = 51° 47'. Construimos, pues, un triángulo rectángulo (fig. 2.ª) que tenga por cateto la apotema og del exágono regular de la figura 1.ª, y el ángulo adyacente de 51° 47'. La hipotenusa vg resultante representa la altura de los triángulos que constituyen las caras del romboedro, triángulos isósceles xyv (fig. 3.ª), cuya base es el lado xy del exágono regular.

Para hallar la sección que produce el plano de macla en el prisma, construimos el exágono regular (fig. 4.ª), tiramos la diagonal *a b* y bajamos, desde los otros vértices, las normales *x c* é *y d* á dicha diagonal.

Se dibuja después la recta *a b* (fig. 5.ª), y en ella se toman las distancias *a c* y *d b*; se levantan normales á esta recta en los puntos *a*, *c*, *d*, *b*, y se prolongan á un lado de la misma.

En un punto cualquiera *h* de la recta *a r* se construye el ángulo *p h r* de 155° 33′ (valor del que forma la deutopirámide con el deutoprisma); se prolonga el lado *p h* hasta *m*, para que corte todas las rectas *a h*, *c j*, *d l*, *b m*, que representan la longitud de las aristas del prisma desde la unión con las caras del romboedro hasta el plano de la macla, indicado en la figura por la recta *h m*.

Para encontrar el desarrollo del prisma, tiramos la recta *a′ a′* (fig. 6.ª), se marca en ella seis veces la longitud *a′ c′*, igual al lado del exágono, levantamos después perpendiculares en los puntos *a′*, *c′*, *d′*, *b′*, *d′*, *c′*, *a′*; y señalando en ellas los valores *a′ h*, *c′ j*, *d′ l*, *b′ m*, *d′ l*, *c′ j*, y *a′ h* (obtenidos de la figura anterior), unimos, por último, entre sí los puntos *h*, *j*, *l*, *m*, *l*, *j*, *h*.

El desarrollo de la macla se obtiene con dos de estos desarrollos del prisma, uniéndolos del modo indicado en la figura 7.ª

Sobre las rectas correspondientes á las *a′ a′* de la figura 6.ª se construyen seis triángulos iguales al *x v y* de la figura 3.ª, que representarán las caras de los romboedros.

Dimensiones para construir el bulto: Sus líneas deben ser dobles que las del desarrollo que hay en la lámina.

8).—Macla de dos escalenoedros, según la base (calcita).

(Lámina 25.)

Supónese producida mediante el corte de un escalenoedro por el plano perpendicular al eje vertical en su punto medio y el giro de las dos mitades del cristal.

Este plano divide á las aristas ecuatoriales en dos partes idénticas, y á las aristas largas las corta á una distancia del vértice,

que, sin gran error, podemos considerar igual á la que hay desde este mismo vértice al punto medio de las aristas ecuatoriales.

Por tanto, las doce caras triangulares del escalenoedro se convierten en doce cuadriláteros, cuyos lados son los siguientes: las aristas cortas del escalenoedro no ecuatoriales; las aristas largas reducidas á la longitud indicada antes; las aristas ecuatoriales reducidas á la mitad, y la recta que une el punto medio de una arista ecuatorial con el extremo de la longitud antedicha, tomada en las aristas largas.

Los doce triángulos que restan del corte de las doce caras se reunen en tres grupos de cuatro, que constituyen los tres ángulos entrantes de la macla.

La construcción del desarrollo de ella se basa en el del escalenoedro.

Este consta de dos partes iguales, unidas entre sí, y que se delinean trazando dos circunferencias concéntricas, cuyos radios sean respectivamente las aristas polares cortas y largas del escalenoedro; se tiran cuerdas comunes á las dos circunferencias del modo indicado en la figura 1.ª, y cuya longitud es la de las aristas ecuatoriales que representan.

Las dos partes se unen como se ve en la misma figura 1.ª

Desarrollado el escalenoedro, falta determinar las dos partes en que se hallan divididas sus caras por el supuesto plano de sección en la macla.

Con tal fin se dibujan, por el método antes citado, las caras del escalenoedro; se traza una nueva circunferencia concéntrica, cuyo radio tenga por medida la distancia que hay desde el vértice *o* al punto medio *a* de las aristas ecuatoriales *c d* (fig. 2.ª) y se une al punto *a* con el *b*.

Basta, pues, desarrollar las doce caras cuadriláteras de la macla, tal como se ve en la figura 3.ª, y añadirles los triángulos *a b c*, como se observa en la figura 4.ª, que es el desarrollo de la macla.

Dimensión para construir el bulto: Arista larga del escalenoedro = 6 centímetros.

9).—Macla de dos romboedros, según la base (calcita).

(Lámina 26.)

Se puede suponer originada por división del romboedro en dos partes iguales, por el plano perpendicular al eje principal en su punto medio, y por el giro de una parte del cristal con relación á la otra, sirviendo de eje de giro el eje vertical.

Al ser el plano de corte perpendicular al eje en su punto medio, todas las caras del romboedro quedan divididas en dos partes, cuya forma es la dibujada en la figura 1.ª, que es la cara del romboedro origen, dividida en dos partes por medio de la recta *a b*, que une los puntos medios de *c d* y *d e*, aristas ecuatoriales del cristal.

La macla consta de doce caras de dos clases.

Seis de aquéllas, formadas por la parte *o e b a c* de la cara del romboedro, se hallan reunidas en dos grupos de tres caras, unidas entre sí por las aristas *o e* y *o c*, formando un vértice triédrico en *O*, y juntándose las caras de uno de esos grupos con las del otro, por medio de las aristas *a b*.

En los tres huecos que aparecen limitados por las aristas *a c* y *b e* se acomodan las seis caras que restan (formadas por el triángulo *a d b*) reunidas dos á dos por la arista *a b*, originando los tres ángulos entrantes que tiene esta macla.

Su desarrollo se construye (fig. 2.ª) dibujando los dos grupos de las caras grandes, unidos por una de las rectas *a b*.

En los dos espacios que dejan entre sí las rectas *c a* se delinean dos de los grupos pequeños, que, como se ve, presentan sus rectas en prolongación de las anteriores.

Las dos caras que constituyen el tercer grupo se colocan sueltas: una á un lado, y otra al otro, segun aparece en el dibujo.

Dimensión para construir el bulto: Arista del romboedro = 3 centímetros.

Sistema tetragonal.

10).—Macla de protopirámides, según cara de otra pirámide, en la calcopirita.

(Análoga á la de las espinelas.)

(Láminas 26 y 27.)

El cristal es una pirámide tetragonal, cuyo ángulo diedro, en las aristas ecuatoriales, es de 109° 53'; es decir, que es casi octaedro regular.

Por eso, con el fin de que resalte más la forma de la macla, conviene elegir otra arbitraria, cuya cara *abc* se encuentra en la figura 1.ª

La forma y origen de la macla son los mismos que en la de las espinelas. Mas como las caras no son triángulos equiláteros, resultan divididas en dos figuras distintas, según que el plano de corte vaya á unir los puntos medios de las dos aristas largas, ó que una el punto medio *e* de la arista larga con el punto medio *f* de la arista corta (fig. 2.ª).

La zona central de las doce caras se halla compuesta de caras de tres clases.

Las seis que constituyen los tres ángulos entrantes son iguales entre sí, se hallan formadas por el triángulo *dbe* (fig. 1.ª) y no tienen la misma posición.

Las dos caras, que dan origen al grupo que une los vértices *b* de las bases, se encuentran unidas por la arista *de*; en tanto que las que dan lugar á los otros dos grupos, se unen por la arista *fe* (fig. 2.ª).

Las otras seis caras no son todas iguales.

Las dos del grupo que une las aristas *ac* de las bases son las *acde*, juntas por *de* (fig. 1.ª).

Las otras cuatro que constituyen los dos grupos que unen las aristas largas de las bases son las *abef*, unidas entre sí por *ef* (fig. 2.ª).

Puesto que los ángulos de estos triángulos no son de 60°, como en el octaedro regular, al hacer el dibujo de unos al lado de los

otros no quedan sus lados en prolongación; por lo cual no puede seguirse el sencillo sistema de dibujo que se usó en el desarrollo de la macla de espinelas.

Ahora hay que delinear triángulo por triángulo, dando á sus lados los valores y uniéndolos de la manera indicada en la figura 3.ª

Dimensiones para construir el bulto: Lado de la base = 6 centímetros y medio; lado largo = 8 centímetros.

II).—Macla de la casiterita, llamada «pico de estaño».

(Lámina 28.)

Datos.—Angulo del prisma con la protopirámide = $133^\circ 33'$.

El plano de combinación es la deutopirámide correspondiente á esta protopirámide.

La macla se compone de dos prismas apuntados por sus pirámides.

A las aristas de aquéllos daremos una longitud tal, que quede algo de prisma sin maclarse.

Sin embargo, para que haya sencillez en la deducción, puede prescindirse de esta parte de los prismas, suponiendo que éstos se unen por el arranque de sus pirámides; y después, al hacer el desarrollo, se enmienda la falta aumentando en una cantidad igual la longitud de todas las aristas del prisma.

Se da una dimensión arbitraria $b\,c$ á las aristas básicas del prisma y se dibuja el cuadrado base, representado en la figura 1.ª

Para encontrar las caras de la protopirámide se delinea el triángulo rectángulo $a\,h\,o$ (fig. 2.ª), cuyo cateto $a\,o$ sea la mitad del lado $b\,c$ de la figura 1.ª

El ángulo adyacente $h\,a\,o$ ha de ser de $43^\circ 33'$, idéntico al que forma la protopirámide con la base.

La hipotenusa $a\,h$ de este triángulo es igual á la altura de los triángulos isósceles que constituyen las caras de la pirámide, y cuya base tiene la dimensión del lado $b\,c$ de la figura 1.ª

Con estos datos se construye el triángulo de la figura 3.ª, que representa las caras de la pirámide, y cuyos lados $b\,h = h\,c$ de-

signan las aristas de intersección de una cara de la pirámide con las otras.

Para hallar el ángulo *h b o* (fig. 4.ª) de la deutopirámide correspondiente, se construye otro triángulo rectángulo *b o h*, cuyo cateto *b o* es la mitad de la diagonal del cuadrado *b c d e* (fig. 1.ª), y cuya hipotenusa *b h* es la arista de intersección de las caras de la pirámide entre sí, representada por el lado *b h* del triángulo *b h c* (fig. 3.ª).

De otra parte, el cateto *h o* deducido del triángulo *a h o* (figura 2.ª) designa la distancia que hay desde el vértice de la pirámide al plano que contiene las aristas de intersección de las caras de la pirámide con las del prisma.

El ángulo resultante *h b o* (fig. 4.ª) es el de la deutopirámide.

Una vez conocido este ángulo, para delinear la proyección ortogonal de la macla en el plano que contiene los ejes principales de uno y otro cristal, se dibuja el ángulo $h\ b\ h^{IV}$ (fig. 5.ª), igual á cuatro veces el ángulo *h b o* (fig. 4.ª), formado por la deutopirámide y la base; se divide en cuatro ángulos iguales, marcando después en los lados $b\ h^{IV}$ y *b h* la longitud *b h*, idéntica á los lados de las caras de la pirámide (véase el triángulo *b h c* de la figura 3.ª); y en las rectas *b d* se señala otra longitud *b d*, que es la que presenta la diagonal del cuadrado de la figura 1.ª

Levantadas las perpendiculares *h p* y *d c'* á la recta *b d*, se las prolonga hasta encontrar á la *b n*.

Por un punto cualquiera *c'*, pero tal que *d c'* sea mayor que *o p*, tírase la recta *c' n* paralela á *b h*, en la cual *c' n* tiene la longitud de la parte de arista de las dos pirámides inferiores, que queda sin interceptarse.

Las dos rectas *o p* y *d c* ofrecen la dimensión de las aristas del prisma, contando desde las caras de la pirámide hasta su intersección con las del otro prisma.

Con objeto de formar el desarrollo de uno de los cristales (ó sea la mitad de la macla, pues ambos son idénticos), se tira la recta $b\ b^{IV}$ (véase fig. 6.ª), en la cual se marca cuatro veces *b o*, idéntica al lado del cuadrado de la figura 1.ª

Se bajan las perpendiculares *o p*, *o p''* y *d c'* y se limitan con los valores que en la proyección (fig. 5.ª) llevan la misma letra.

Se tira por el punto *c'* la recta *y b'*, paralela á *b* b^{IV}, se une el punto *b* con *p* y el b^{IV} con *p''* y se prolongan las rectas resultantes hasta que encuentren á la recta *y t*.

Con el fin de determinar la parte de las caras de la pirámide que constituyen el ángulo entrante, se delinea en la recta *c' b'* el triángulo *c' b' h'*, cara de la pirámide (véase fig. 3.ª), y en la arista *c' h'* se señala la longitud *c' n*, deducida de la proyección.

Al unir el punto *n* con el *t*, nos encontramos con que la recta *n t* es prolongación de *t* b^{IV}.

Luego para dibujar dicha parte de las caras de la pirámide es suficiente tirar las rectas *b p* y b^{IV} *p''*, prolongarlas hasta que casi se encuentren y cortarlas con el radio *c' n*, tomando el punto *c'* como centro.

Con objeto de que haya algo de prisma sin maclar, se tira la recta *b'' c''*, paralela á *b* b^{IV}; se prolongan las rectas *o p*, *d c'*, etc., hasta encontrarla, y se construyen sobre ella las caras de la pirámide.

Dos de estos desarrollos unidos, según se nota en la figura 7.ª, constituyen el desarrollo completo de la macla.

Dimensiones para construir el bulto: Anchura de las caras = 4 cm.; altura de la parte del prisma que se añade = 1 $^1/_2$ cm.

12). — Macla de los prismas del rutilo, según la deutopirámide.

(Láminas 29, 30, 31 y 32.)

Datos.—Prisma ditetragonal = *310*.

Angulo de la protopirámide con la base = 42° 20'.

El plano de combinación es una deutopirámide, que forma con la base de una de las dos ramas laterales un ángulo de 32° 47'.

La macla tiene forma de *U* y se halla compuesta de tres partes: una central, constituída únicamente por el prisma ditetragonal, y dos iguales entre sí, una en cada lado, formadas por dicho prisma ditetragonal apuntado por la protopirámide.

Figura 1.ª—Las dos rectas *a b* y *a' b'*, normales entre sí, representan los ejes transversos.

En todas ellas marcamos, contando desde *a*, las tres distancias *o m*, $m\,m_1$, $m_1\,a'$, iguales entre sí.

Uniendo los puntos *m*, *m'*, *t*, *s*, extremos de las primeras divisiones, con los *a*, *b*, *b'*, *a*, extremos de las terceras, resultan ocho rectas *m a*, *a t*, *t b*, *b m*, *m' a'*, *a' s*, *s b'*, *b' m'*, que, por su cruce, originan el octógono *m n m' t s*, base del prisma ditetragonal *310*.

Figura 2.ª—Si, una vez hecha la figura 1.ª, unimos entre sí los extremos *m*, *m'*, *t*, *s*, de las primeras distancias, tenemos el cuadrado *m m' t s*, base del protoprisma correspondiente.

Deducción de las caras de la pirámide.—Estas son cuadriláteros, que pueden suponerse constituídos por dos triángulos isósceles unidos por su base, que tiene por valor la arista básica del protoprisma.

Los lados del triángulo superior son las aristas de intersección de las caras de la pirámide entre sí.

Para resolver este triángulo, del cual conocemos la base, que es la recta *m m'* de la figura 2.ª, construimos el triángulo rectángulo *c o h* (fig. 3.ª), cuyo cateto *c o* (tomado de la figura 2.ª) es la mitad del lado *m m'* del cuadrado de dicha figura 2.ª

El ángulo adyacente *o c h* es de 42° 20'.

La hipotenusa resultante mide la altura del triángulo pedido.

Este será el *m m' h* de la figura 4.ª

Para resolver el triangulo inferior, que es también isóscéles, y cuya base es también el lado del protoprisma, como antes se indicó, consideramos que las dos caras del protoprisma son cortadas por la de la pirámide.

Se tira la recta *B p* (fig. 5.ª), en la cual han de marcarse los valores *m M*, *M p*, iguales al lado *m n* del octógono de la figura 1.ª

En los puntos *m*, *M* y *p* se levantan normales á *B p*, las que representan las aristas del prisma ditetragonal.

En la longitud *M m* tomamos, contando desde *m*, la longitud *m x*, igual á la altura *c d* del triángulo *t d s* (fig. 2.ª), que mide la distancia á que las aristas del prisma ditetragonal se encuentran separadas de las caras del protoprisma. (Estas cuatro aristas son las que arrancan del vértice inferior de las caras de la pirámide. Las otras cuatro son las que coinciden con las del protoprisma.)

En el punto x se levanta otra normal á Bx. Se construye el ángulo AmB de 42° 20′, y se prolonga después el lado Am, hasta que corte á la recta xz; y por el punto z se tira la recta zg, paralela á mp, hasta que corte á la Mg.

Uniendo el punto m con el g, se obtiene la recta mg, que representa la arista de intersección de las caras de la pirámide con las del prisma ditetragonal, y que constituye los lados del triángulo isósceles $mm'g$ (fig. 6.ª), el cual es el inferior de los dos en que suponemos descompuestas las caras de la pirámide.

Uniendo estos dos triángulos (el $mm'h$ de la figura 4.ª y el $mm'g$ de la figura 6.ª), resulta el cuadrilátero $mhm'g$ (fig. 7.ª), que representa las caras de la pirámide.

Para determinar lo que al prisma le altera el plano de combinación, se proyectan los vértices del octógono (fig. 8.ª) sobre la diagonal ms de él.

Se pinta dicha diagonal $m's$ (fig. 9.ª), y en ella se indican los puntos j, o, v, que son las proyecciones de los vértices del referido octógono (véase fig. 8.ª).

Por los puntos m', j, o, v, s, levántanse normales á $m's$.

En un punto cualquiera C' se construye el ángulo $J\ C'\ m'$, de 57° 13′ = 90° — 32° 47′, y se prolonga el lado $G\ C'$ hasta G', para que corte á todas las normales.

Se tira la recta $C\ C$ (fig. 10), en ella se toma ocho veces un valor igual al lado mn del octógono de la figura 1.ª y se levantan normales en los puntos resultantes.

En estas normales señalamos, contando desde su punto de intersección con la recta $C\ C$, los valores siguientes:

En la normal central $G\ G'$, un valor igual á $S\ G'$ de la figura 9.ª;

En las FF', un valor igual á vF' de la misma figura 9.ª;

En las $E\ E'$, un valor igual á $v\ E'$ de igual figura;

En las $D\ D'$ un valor igual á $j\ D'$ de la misma figura;

Por último, en las $C\ C'$ un valor igual á $m'\ C'$ de la referida figura 9.ª

Al unir entre sí los puntos resultantes, tendríamos el desarrollo de las caras del prisma que forman las ramas de la U, si no existiesen las caras de la pirámide. Pero como éstas van cortando

á cada dos de las del prisma, hay que determinar la alteración que experimentan las últimas (las del prisma), para lo que construimos la figura 11 igual á la 10.

Después, con un radio idéntico á *mg* de las figuras 5.ª, 6.ª y 7.ª, haciendo centro en los puntos *C*, *E*, *G*, se van cortando las aristas restantes; con lo que se tiene el verdadero desarrollo de las caras del prisma; y añadiéndoles las cuatro caras de la pirámide, dispuestas en círculo alrededor de *O'*, dan el desarrollo de las ramas de la *U*. (Las caras de la pirámide se hallan representadas en la figura 7.ª).

Para desarrollar la parte central de la *U*, como quiera que se halla compuesta solamente del prisma ditetragonal, alterado en sus dos extremos por el plano de combinación, construimos la línea quebrada *C' G' C'* de la figura 12 de igual modo que la de la figura 10, y se tira una paralela á *C C* y que diste de ella una longitud mayor que *C C'* y menor que el duplo. Contando desde esta nueva recta, se dibuja la línea quebrada C_1 G_1 C_1, con los mismos valores que la *C' G' C'*, y así se encuentra el desarrollo de la parte central de la *U*.

Uniendo éste con dos de la figura 11 se obtiene el desarrollo completo de la macla, representado en la figura 13.

Dimensiones para construir el bulto: Líneas dobles que las del desarrollo que hay en la lámina 13.

Sistema rómbico.

13).—Macla de Molina de Aragón, en el aragonito.

(Lámina 33.)

Aunque de apariencia de prisma exagonal, es la unión de tres prismas rómbicos, de modo que sus ángulos obtusos se reunen en el centro del exágono.

Estos son de 116° 12'.

El corte de la macla es el que aparece en la figura 1.ª

El desarrollo se obtiene delineando una faja de seis rectángulos (fig. 2.ª), uno de cuyos lados ofrece la magnitud del lado

del rombo. El lado de unión de unos con otros es el otro lado del rectángulo, cuya longitud es la del eje vertical.

Debajo de uno sí y otro no de estos rectángulos se dibujan tres rombos, con el expresado ángulo de 116° 12′.

En la parte inferior de los mencionados rombos se construye otra faja de seis rectángulos, igual á la otra compuesta de los mismos.

Y debajo de esta faja se delinean otros tres rombos idénticos y simétricamente colocados respecto de los antedichos.

El desarrollo que hay en la figura 3.ª es el mismo que el de la figura 2.ª, con la diferencia de que los dos rectángulos centrales de la faja superior se han colocado debajo del rombo central inferior.

Nota.—Los rombos marcados con la letra *T* no forman parte del desarrollo.

Dimensiones para construir el bulto: Lado del rombo = 3 centímetros; altura del prisma = 2 centímetros y medio.

14).—Macla de Bilin, en el aragonito.

(Lámina 33.)

Tiene la forma de prisma recto, cuya base presenta la figura que se ve en el desarrollo (fig. 5.ª).

Esta forma se determina construyendo tres rombos iguales, unidos por uno de sus lados y con sus ángulos agudos (uno de cada rombo) reunidos en el centro (fig. 4.ª). La magnitud de este ángulo es de 63° 48′.

Desde el referido punto *o*, como centro, se cortan con el radio *o h*, cuya magnitud ha de ser, como es evidente, menor que los lados del rombo, los cuatros lados *og*, *oe*, *oc*, *oa*, que salen de dicho centro *o*.

Con esto quedan fijados los puntos *h*, *l*, *k*, *j*.

Se determinan los *s*, *r*, *p*, *o*, *n*, *m*, haciendo centro en los otros vértices agudos de los rombos y cortando sus lados con el mismo radio *o h*.

Uniendo estos diez puntos en la forma indicada en la figura 4.ª se obtiene la base buscada.

Dimensiones para construir el bulto: Figura 1.ª $oh = 9$ milímetros; $oa = 27$ milímetros.

Altura del prisma = 80 milímetros.

15).—Macla centrada, «Rädelerz», de la burnonita.

(Lámina 34.)

Está compuesta de cuatro cristales unidos por una cara. Es parecida á la siguiente, aunque no del todo; pues así como en la cresta de gallo la suma de los tres ángulos no llega á 360°, en la burnonita la suma de los cuatro ángulos que se juntan pasa de dicho valor.

El ángulo del prisma es de 93° 40′.

Los cristales se componen de base, prisma, macropinacoide, braquipinacoide y macrodomo.

El ángulo que forma el macrodomo con la base es de 138° 6′.

Para investigar los valores lineales construimos un rombo cuyo ángulo dce sea de 93° 40′ (fig. 1.ª); por el punto f tiramos la recta ff paralela á la de; por los extremos de la ff se dibujan las rectas fg paralelas á oc; y por otro punto m, tal que la distancia em sea mayor que ef, se delinea la recta mm paralela á de.

Con esta figura, y dando una magnitud determinada al eje vertical (que es la gg_1 de la fig. 3.ª), se obtienen: la base, que es el polígono $ogffg$ de la figura 1.ª; el braquipinacoide, cuyas caras son rectángulos que tienen por lados la recta fg, y la medida gg_1 del eje vertical.

Del prisma se conoce una de sus aristas (la de unión con el braquipinacoide), que es la expresada gg_1, y la anchura fm de sus caras.

De las caras del macrodomo se sabe cuál es la longitud de las aristas de la intersección con la base y y con el macropinacoide, que son las rectas ff y mm.

Queda por averiguar la anchura de dichas caras.

Para investigar las magnitudes restantes construimos el triángulo rectángulo bap (fig. 2.ª).

El cateto ba se ha tomado de la figura 1.ª

El ángulo agudo $a\,b\,p$ tiene por medida el suplemento de 138° 6′ (ángulo que forma el macrodomo con la base).

La hipotenusa $b\,p$ mide la anchura de las caras del macrodomo.

El otro cateto $a\,p$ es la mitad de la diferencia que existe entre la longitud de las aristas verticales del macropinacoide y la del eje vertical.

Teniendo ya todos los valores que hacen falta, desarrollamos todas las caras, excepto las bases.

Para ello se tira la recta $g\,g$ (fig. 3.ª), y en ella se señalan las magnitudes $g f$, $f m$, $m\,m$, $m f$, $f g$, tomadas de la figura 1.ª

Por los puntos g, f, m, m, f, g, se levantan perpendiculares á la recta $g g$, y se limitan con la longitud $g g_1$.

En las normales levantadas en los puntos m se fijan las distancias $m\,p$ iguales á $a\,p$ de la figura 2.ª

Los puntos $p\,p$ resultantes se unen entre sí por medio de la recta $p\,p$.

Se dibuja la $f'\,f'$ paralela á $p\,p$ y separada de ella por una distancia igual á la hipotenusa $b\,p$ de la figura 2.ª

Por último, haciendo centro en p, y con el radio $p\,f$ se corta la recta $f'\,f'$, y se unen con p los puntos f' resultantes.

De este modo queda constituída la figura 3.ª, que es el desarrollo de las caras laterales.

La base de la macla se halla en la figura 4.ª, que, como se ve, está compuesta de cuatro partes iguales á la $o\,g\,f\,f\,g$ de la figura 1.ª

Combinando las figuras 3.ª y 4.ª se obtiene el desarrollo que aparece en la figura 5.ª

Pero es preciso tener en cuenta la disminución de tamaño que experimentan las dos caras de braquipinacoide, que se juntan en el ángulo $x\,y\,z$ (fig. 4.ª).

Dimensiones para construir el bulto: Figura 1.ª, $e\,c = 53$ mm.; $e f = 15$ mm.; $c\,m = 15$ mm.

Figura 3.ª, $g g_1 = 32$ mm.

16).—Macla «en cresta de gallo», de la marcasita.

(Láminas 35 y 36.)

Se compone de tres cristales, que se unen por una cara del prisma y tienen una arista común.

Cada uno de aquéllos consta de prisma, base y dos braquidomos.

El ángulo obtuso del prisma es 105° 5′.

Los que forman entre sí las caras de los braquidomos son respectivamente de 135° 17′ y 78° 2′.

Empezamos por construir el desarrollo del cristal, para obtener después el de la macla.

Se dibuja el rombo de la figura 1.ª, cuyo ángulo *a b c* es de 105° 5′.

Partiendo de *b* y *d*, se fijan distancias iguales sobre los lados del rombo, y se unen entre sí los puntos *m′* y *g* mediante la recta *m′ g*; y los *e* y *f*, por medio de la *ef*, con lo cual tendremos la base del cristal.

Para determinar la anchura de las caras de los braquidomos, se tiran las rectas *l′ m′* y *l m* (fig. 2ª.), paralelas entre sí, y la *t t′*, paralela á ellas, y que de ambas esté igualmente separada.

La recta *m m′* tiene igual medida que el eje vertical.

En el punto *o* de la recta *t t′* se construye el ángulo *r o s*, de 135° 17′; de modo que la *t t′* sea su bisectriz.

En otro punto *t* se construye el *m′ t m* de 78° 2′, con idénticas condiciones que el anterior.

Esto basta para determinar la anchura de las caras de los braquidomos; pero si se quiere el corte completo del cristal, por el plano que contiene los ejes vertical y macroeje (tal como se observa en la figura 2.ª), sobre las líneas *l′ m′* y *l m* se marca una longitud igual á la distancia *e m′* de la figura 1.ª, y se dibujan los braquidomos simétricos en el otro lado.

Se determina la magnitud relativa de las aristas de los braquidomos, construyendo el rombo de la figura 1.ª en la figura 3.ª y tirando la diagonal *ac*, que cortará á la recta *g m′* en su punto medio *p*.

Desde este punto se señalan, en la recta $a\,c$, las longitudes $p\,n$ y $p\,o$, deducidas de la figura 2.ª, y por los n y o se levantan á la recta $a\,c$ las normales $p\,m'$, $n\,x$ y $o\,y$, que son la mitad de las aristas de los braquidomos.

Conocidas la anchura de las caras de los braquidomos y la longitud de sus aristas paralelas, se puede determinar fácilmente la figura de estas caras.

Con este objeto se construye la base $b\,f\,e\,d\,m'\,g$ (fig. 4.ª) y se bajan las perpendiculares $m'\,m'$ y $g\,m'$ á la recta $m'\,g$.

Por el punto medio p de esta recta se delinea otra normal $p\,p$, y en ella se fijan las dimensiones $p\,n$ y $n\,o$ iguales á las $m'\,r$ y $r\,o$ respectivamente (véase la figura 2.ª); por los puntos n, o y p se elevan perpendiculares á la recta pp, y se marcan en ellas, á uno y otro lado de esta recta $p\,p$, las longitudess $n\,x$, $o\,y$ y $m'\,p$, deducidas de la figura 3.ª

Uniendo entre sí los puntos m', x, y resultantes, se tienen las cuatro caras de los braquidomos.

Resta determinar la figura de las caras del prisma. Para ello se tira la recta $d\,d$ (fig. 5.ª), igual á la $m\,m'$ de la figura 2.ª

Por los extremos d y d de esta recta se levantan dos perpendiculares, en las que se marcan $d\,m'$, $d\,k$ y $d\,z$, iguales á las $d\,m'$, $d\,x$ y $d\,y$ de la figura 3.ª, y por los puntos k y z se tiran paralelas á $d\,d$.

Deśde m' como centro, con el radio $m'\,x$ (magnitud deducida de la figura 4.ª), cortamos la recta $k\,k$.

En los dos puntos resultantes hacemos centro con los radios $x\,y$ (deducidos de la misma figura 4.ª), que se han de cortar en el punto medio y de la recta $z\,z$, si la figura está bien dibujada.

Con todos estos datos se puede encontrar el desarrollo del cristal de marcasita, delineado en la figura 6.ª

En el desarrollo de la macla (fig. 7.ª) el valor nuevo que encontramos es la base, que está compuesta de tres de las anteriores unidas por una arista del prisma.

Dimensiones para construir el bulto: Figura 1.ª, $b\,c = 41$ mm.; $b\,g = 18$ mm.

Figura 2.ª, $m\,m' = 23$ mm.; $o\,t = 4$ mm.

Nota.—El signo >+ corresponde á las cuatro líneas rectas próximas á él, en el desarrollo (fig. 7.ª).

Todas las líneas rectas exteriores de las caras de los prismas (la misma fig. 7.ª) deben llevar el signo +.

17).—Macla «en estrella», de la cerusita.

(Láminas 37 y 40.)

Producida por tres cristales cruzados alrededor del eje vertical, formando una estrella de seis radios, que guardan la posición de los del exágono regular.

Cada uno de estos cristales es alargado en la dirección del braquieje y consta de prisma, braquipinacoide, braqui- y macrodomo.

El ángulo obtuso del prisma es de 117° 14′.

El del braquidomo, de 108° 16′.

El del macrodomo, de 45° 45′.

Se construye el triángulo isósceles *abc* (figuras 1.ª y 5.ª), cuyo ángulo *a b c* es de 117° 14′ (ángulo del prisma); con el radio *o A* (fig. 2.ª), igual á la base *a c* de la figura 1.ª, se traza una circunferencia; en ella se dibuja un exágono regular inscrito; se unen, uno sí y otro no, los vértices de este polígono por medio de seis rectas, que serán paralelas dos á dos, y se prolongan fuera del círculo, para después cortarlas con una circunferencia concéntrica con la anteriormente indicada y que tenga el radio $oD > oA$.

Los puntos de intersección sirven de centro para determinar los puntos *b*, por el cruce de arcos trazados con radios idénticos al lado *a b* de la figura 1.ª

Así se completa la figura 2.ª, que es el corte de la macla por el plano que contiene los ejes horizontales de los diversos cristales.

Se determina la anchura de las caras del braquidomo construyendo el triángulo isósceles *e d f* (fig. 3.ª), cuyo ángulo *e d f* es de 108° 16′ (ángulo de las caras del braquidomo); sobre su base se marca la longitud *f g*, igual á la base *a c* (fig. 1.ª), que mide el espesor de los cristales, ó sea la distancia que separa las caras del braquipinacoide; por el punto *g* se tira la *g c* paralela á *d f*; y por el punto *c* resultante, otra paralela *c a* á *g f*.

Los lados del triángulo $c\,d\,a$ (dibujado también en la figura 6.ª) indican la anchura de las caras del braquidomo.

La figura 4.ª que representa el corte de los cristales por el plano que contiene los ejes vertical y macroeje, se obtiene levantando, en los extremos de la base $a\,c$ del triángulo $a\,d\,c$ (véase figura 3.ª), dos perpendiculares $a\,L$ y $c\,B$, de longitud igual á la $c\,B$ de la figura 2.ª, y construyendo en los extremos L y B otro triángulo idéntico al superior.

Conocidos estos valores, y sabiendo que el ángulo de las caras del macrodomo es de $45^{\circ}\ 45'$, se puede investigar la forma de todas las caras que constituyen el desarrollo de uno de los seis radios. Con tal fin se tira la recta $B\,B$ (fig. 7.ª), y en ella se marcan las longitudes $B\,c$, cb, $b\,c$ y $c\,B$: las $c\,b$ y $b\,c$ son respectivamente iguales á las del mismo nombre de la figura 1.ª; y las $B\,c = c\,B$ son idénticas á $c\,B$ de la figura 2.ª

Por los puntos resultantes se levantan normales á $B\,B$; en una de ellas (tal como la $c\,C$), se marcan las dimensiones $c\,d = d\,a$ (lados del triángulo $c\,d\,a$, figuras 3.ª y 6.ª), la $A\,a$ (tomada de la figura 2.ª) y la $A\,R = R\,C = c\,d$; por los puntos resultantes se tiran paralelas á $B\,B$, que corten á todas las normales, y se prolongan un poco á la izquierda las tiradas por los puntos d y R, con objeto de señalar en ellas, contando desde su punto de intersección con la perpendicular $B\,B'$, una longitud $O\,P$ igual á la apotema del exágono regular inscrito de la figura 2.ª

Desde el punto a se fijan sobre las rectas $a\,b$ y $a\,d$ las dimensiones $a\,m$ y $a\,s$, idénticas á la altura de los triángulos de las figuras 5.ª y 6.ª; y por los puntos m y s resultantes se levantan las rectas $m\,t$ y $s\,y$, normales respectivamente á $a\,b$ y $a\,d$.

Por un punto cualquiera F de la recta $E\,B'$, se tira la recta $F\,G$, que forma con aquélla un ángulo de $45^{\circ}\ 45'$.

Por el a se tira la recta $E\,a$ paralela á $F\,G$; y por los puntos t é y, en que corta las normales $m\,t$ é $y\,s$, se tiran paralelas á $a\,b$ y $a\,d$, hasta cortar, en los puntos x y z, á las rectas $b\,b$ y $O\,d$.

Los puntos x y z son los de intersección de las caras del macrodomo con las aristas obtusas del prisma y del braquidomo.

Las caras del macrodomo son los cuadriláteros $a'\,z'\,c\,x$ de la

figura 7.ª, que podemos suponer constituídos por dos triángulos isósceles unidos por la base (idéntica á la recta $a\,c$ de la figura 1.ª).

Los lados de uno de ellos ($x\,a'\,c$) tienen por valor $x\,a' = x\,c = x\,a$; y los del otro ($a'\,z'\,c$), las $a'\,z' = z'\,c = a\,z$.

Las caras del prisma son las $a\,x\,X\,A$; las $a\,A\,B'\,B_1$ representan las del braquipinacoide; y las $z\,a\,B_1\,O$, las del braquidomo.

La figura 7.ª manifiesta, por tanto, el desarrollo de uno de los seis radios.

Seis de éstos, unidos por las rectas $B_1\,B'$, $D\,D_1$ dan el desarrollo completo (Lám. 40, fig. 8.ª).

Dimensiones para construir el bulto: Figura 1.ª, $a\,c = 30$ mm. Figura 2.ª, $O\,D = 75$ mm.

Nota.—Todas las sextas partes del desarrollo (fig. 8.ª) deben llevar los signos que van en una de ellas.

18), 19), 20).—Estaurolitas.

(Láminas 38, 39 y 40.)

Este mineral presenta tres maclas importantes:

A) Macla «en cruz latina», de la estaurolita (prisma y base).

B) Piedra de cruz (estaurolita anterior, en cristales formados por el prisma y los pinacoides).

C) Macla en cruz de S. Andrés.

En todas ellas suponemos que los cristales que se maclan son de igual tamaño y que se cruzan por el centro.

18). A.—Macla «en cruz latina», de la estaurolita (prisma y base).

(Lámina 38.)

Los cristales constan de prisma y base y tienen su eje vertical de igual dimensión que la macrodiagonal de la base.

Al maclarse los mismos, quedan con sus cuatro bases perpendiculares entre sí, y unidos por sus vértices agudos, formando como una zona de cubo.

Entre dichas bases hay colocados dos grupos de ocho caras, cada uno de los cuales puede subdividirse en cuatro, formado á su vez cada uno de estos últimos por dos caras, que son triángulos rectángulos.

Estos se hallan unidos entre sí por un cateto, que es la mitad del eje vertical.

Por el otro cateto, que es igual al lado del rombo que forma la base, se encuentran unidos á ésta.

Las hipotenusas de estos triángulos sirven para unir unos grupos á otros, y en ellas se forman los ángulos entrantes de la macla.

El desarrollo se construye pintando un rombo, cuyo ángulo obtuso sea de 129° 20′ (fig. 1.ª), y á sus lados se delinean, de dos en dos, los grupos de dos caras de triángulos unidos por sus catetos (fig. 3.ª).

Este desarrollo aparece en la figura 4.ª

Dimensión para construir el bulto: Lado del rombo-base = 4 cm.

19) B.—Piedra de cruz.

(Lámina 39.)

Es el cruce de dos cristales (compuestos de las cuatro caras del prisma, las dos del braquipinacoide y las bases), de modo que sus ejes dan lugar á un ángulo de 90°.

El que forman las dos caras del prisma es 129° 20′.

Según tales datos, se empieza dibujando el ángulo $a\,b'\,c$, de 129° 20′ (fig. 1.ª); con una longitud cualquiera $a\,b' = b'\,c$ se limitan los lados de ese ángulo $a\,b'\,c$ y se unen los extremos a y c por medio de la recta $a\,c$.

En los extremos de ésta levantamos dos normales, $a\,g$ y $c\,h$, á las que se asigna una longitud arbitraria, que para sencillez se supone igual á $a\,b' = b'\,c = a\,g = c\,h$.

En los extremos g y h hacemos centro con el radio $g\,m = h\,m = a\,b'$, para que resulte $g\,m\,h = 129° \, 20'$.

Al eje vertical de los prismas damos la dimensión igual á $2\,a\,c$.

Resta encontrar la medida de las aristas verticales de los prismas.

Para conseguirlo, con los datos anteriores se proyecta la macla sobre el plano de los ejes verticales (fig. 2.ª).

En ella se ven los valores *b o* y *a d* de las aristas laterales del prisma.

La forma de sus caras será pues (fig. 3.ª) *o m h y*, compuesta de *o m* = *o b* = *o p* de (fig. 2.ª); *m h* = *m h* (fig. 1.ª); *h y* = *a d* (fig. 2.ª).

Las caras del braquipinacoide son rectángulos cuyos lados tienen por medida la recta *a b'* de la figura 1.ª y la *a d* de la figura 2.ª

Con estos datos se construye el desarrollo (fig. 4.ª).

Dimensión para construir el bulto: a b' de la figura 1.ª = 2 centímetros.

Nota.—Todas las cuartas partes del desarrollo (fig. 4.ª) deben llevar los signos que van en una de ellas.

20) C.—Macla «en cruz de San Andrés», de la estaurolita.

(Lámina 40.)

Los cristales que dan lugar á esta macla son semejantes á los de la anterior; pero se cruzan, formando sus ejes un ángulo de 60°.

La longitud del eje vertical la suponemos doble que en los anteriores, es decir, 4 *a c*.

La figura 1.ª se construye de igual manera y con los mismos datos que la figura 1.ª de la macla «piedra de cruz».

La figura 2.ª es la proyección de la macla «cruz de San Andrés». En ella nos encontramos con los nuevos valores *a d*, *b o* y *c f*, idénticos á las aristas laterales de las caras del prisma.

Estas caras se encuentran representadas en la figura 3.ª En ella se ven los tres valores citados y además las rectas *c b* = *b a*.

Los braquipinacoides son de dos formas: unos son rectángulos, que tienen por lados las rectas *c f* (fig. 2.ª) y *a g* (fig. 1.ª); los otros rectángulos tienen por lados las *a d* (fig 2.ª) y *a g* (fig. 1.ª).

Con estos valores se construye el desarrollo que se observa en la figura 4.ª

Dimensión para construir el bulto: a b' de la figura 1.ª = 2 cm.

Nota.—Pónganse en el desarrollo (fig. 4.ª) iguales signos que en el de la piedra de cruz (Lám. 39, fig. 4.ª).

21).—Macla común del mispiquel.

(Lámina 41.)

Originada por el cruce de dos cristales, compuestos cada uno de prisma y macrodomo.

El ángulo del prisma es de 111° 47′.

El del macrodomo es de 159° 22′.

Empecemos por construir el rombo *a b h k* (fig. 1.ª), cuyo ángulo *b a k* sea de 111° 47′.

Con el radio *o c*, que sea la mitad de los ejes verticales, se construye un círculo (fig. 2.ª), y en él se delinean dos diámetros *c c*, que formen entre sí un ángulo igual al que presentan los ejes de los cristales al maclarse.

Por los puntos *c* se tiran tangentes á la circunferencia, y se marcan en ellas, contando desde dichos puntos *c*, las longitudes *c b* = *c k*, tomadas de la figura 1.ª

Con los puntos que así resultan, unidos por medio de rectas, que son paralelas á los diámetros correspondientes, se tendría la proyección de la macla, si solo constase de prisma y no tuviera los macrodomos.

Se desarrollan las partes de las caras del prisma que se conservan al maclarse, tirando la recta *k k* (fig. 3.ª), igual á 2 *k h* de la figura 1.ª; por los puntos *k* y *h* se levantan normales á esta recta y se limitan con la magnitud *k k* = *h h*, de idéntica medida que el diámetro *c c* de la figura 2.ª Se marcan sobre las rectas *k t* de dicha figura 3.ª las longitudes *k t* y *k g*, deducidas de la figura 2.ª, y se unen los extremos de estas divisiones por medio de las rectas *g g* y *t t*.

La parte de las caras del prisma, que da lugar á cada uno de los cuatro brazos del aspa, son las *k h o′ t* y *h k g o′*.

Con el fin de tener el desarrollo exacto, se determina la parte que resulta suprimida por el corte con las caras del macrodomo.

Resta averiguar el punto en que las caras de éste cortan á la arista obtusa del prisma.

Para ello se toma la recta *a h* (fig. 4.ª), idéntica á la diagonal

del rombo-base (fig. 1.ª), se fija su punto medio *c*, y por los tres puntos *a*, *c* y *h* se levantan normales á dicha recta *a h*.

En el punto *c* se construye el ángulo 159° 2′ *s c s*, de tal modo que la recta *c p* sea su bisectriz.

El punto *s* designa el punto de corte de las caras del macrodomo con la arista obtusa del prisma.

Con objeto de encontrar la verdadera forma de las caras del prisma, construimos la figura 5.ª (Esta es la misma 3.ª, en la cual, sobre la recta *h h*, se marca la magnitud *h s*, determinada en la figura 4.ª), y se une después el punto *s* con los *k*.

Por tanto, la configuración de las caras del prisma será la de *k s o′ t* y *s k g o′*.

Las caras del macrodomo son triángulos isósceles, que tienen por base la macrodiagonal de la base *b k* de la figura 1.ª; y por lados, las rectas *s k* de la figura 5.ª

En su desarrollo (fig. 6.ª) se encuentran unidos, de dos en dos, por su base, formando un rombo, cuya diagonal es *b k*; y sus lados, *s k*.

Con estos datos se llega al desarrollo dibujado en la figura 7.ª

Dimensiones para construir el bulto: Figura 1.ª, *a k* = 15 mm. Figura 2.ª, *c c* = 75 mm.

Sistema monoclínico.

22).—Macla de la augita, según el ortopinacoide.

(Láminas 42 y 43.)

Los cristales de este mineral constan de prisma, orto- y clinopinacoide y clinodomo.

El ángulo que forman entre sí las caras del prisma es de 87° 10′.

El que forman entre sí las caras del clinodomo es de 120° 49′.

El que forman las caras del clinodomo con las del ortopinacoide es de 103° 26′.

Se construye el rombo *A B C D* (fig. 1.ª), cuyo ángulo *A B C* es de 87° 10′, y se dibujan en aquél sus diagonales *A C* y *B D*,

y las rectas *m c*, paralelas á *A C*, una á un lado y otra á otro, y que una y otra disten de la *A C* lo mismo, y se delinean también las *d m*, que guardan iguales relaciones con *B D*.

Con esto se obtiene la figura *c m m d c m m d*, que es la sección recta del cristal.

En ella, las rectas *c m* miden la anchura de las caras del ortopinacoide; las *d m*, la de las del clinopinacoide; y las *m m*, la de las del prisma.

Para determinar la forma de las caras se necesita averiguar el valor de alguno de sus ángulos planos, y con tal objeto se echa mano de los ángulos diedros conocidos.

Supongamos cortado el cristal por el plano que contiene al clinoeje y al eje vertical, y tenemos entonces, en la unión del ortopinacoide con la arista del clinodomo, un vértice triédrico rectángulo, en el cual se conocen los dos ángulos agudos. Uno, de 103° 26′, es el que forman las caras del clinodomo con el ortopinacoide. El otro es la mitad del ángulo que forman entre sí las caras del clinodomo: su abertura es de ½ (120° 49′) = 60° 24′ 30″.

Con estos datos pueden conocerse los tres ángulos planos del referido vértice triédrico, que son: uno, que determina la inclinación de las aristas del clinodomo sobre las caras del ortopinacoide; otro es el ángulo plano de las caras del clinodomo, formado (el ángulo) por dos aristas (la primera es la de intersección de las dos caras del clinodomo entre sí, y la segunda es la de intersección de las caras del clinodomo con las del ortopinacoide); el tercer ángulo plano es la mitad del ángulo plano de las caras del ortopinacoide, formado por las aristas de intersección de éste con las caras del clinodomo.

Resolviendo, se encuentran:

Angulo de inclinación de la arista del clinodomo con el ortopinacoide = 105° 10′.

Angulo plano de las caras del clinodomo = 97° 52′.

Angulo plano del ortopinacoide = 2 × (59° 44′) = 119° 28′.

Para determinar las caras del ortopinacoide se dibuja la recta *c m* (fig. 2.ª), cuya longitud es la anchura de las caras del ortopinacoide (véase esta longitud en la figura 1.ª).

Por los extremos de esta recta y por su punto medio se levantan normales; se marca en la central una dimensión *ef*, que representa el eje vertical, y se construyen en los extremos de la misma recta *ef* los cuatro ángulos *gef* y *gfe* de 59° 44′, con lo cual se halla la figura *geggfg*, que representa las caras del ortopinacoide.

Por igual método y con idéntico ángulo se construye la figura 3.ª La *bb* se toma de la figura 1.ª La recta *eh* resultante es la anchura de las caras del clinodomo. La *hh* es la magnitud de las aristas de intersección de las caras del prisma con las del clinopinacoide.

Se delinea la recta *aa′* (fig. 4.ª), tomada de la figura 1.ª, y en sus extremos se levantan dos normales.

En una se señala *ad*, tamaño del eje vertical (véase *ef* de la figura 2.ª); en el extremo *d* se construye el ángulo *adf*, de 105° 10′ (ángulo de la arista del clinodomo con el ortopinacoide); y la recta *df* es la longitud de la arista de intersección de las caras del clinodomo.

Por el estremo *a* de la normal *ad* se tira la recta *ae*, paralela á *df*, formándose así el paralelogramo *aefd*, resultante del corte del cristal por el plano que contiene al clinoeje y al eje vertical.

Se construyen las caras del clinopinacoide tirando la recta *md* (fig. 5.ª), tomada de la figura 1.ª

En una de las normales se marca la longitud *hh′*, igual á *hh* de la figura 3.ª

En el punto *h′* se dibuja el ángulo *hh′c*, de 105° 10′ y se tira por el punto *h* la recta *hc′* paralela á *h′c′*.

El paralelogramo representa las caras del clinopinacoide.

Las caras del clinodomo se construyen delineando la recta *ae*, tomada de la figura 4.ª

Por el punto *s* se tira la recta *sr*, de modo que forme con la *ae* el ángulo *rse*, de 97° 52′, y se limita aquélla con la longitud *sr*, igual á la *eh* de la figura 3.ª

Por el punto *r* se construye una paralela á la *ae* y se designa la longitud *c′h* (tomada de la fig. 5.ª), colocándola de modo que el punto *r* sea el punto medio de *c′h*.

Por los extremos de la recta *a e* se dibujan paralelas á *r s* y en ellas se señalan *e g* = *a h'* = *e g* de la figura 2.ª

La figura resultante *a h' c' h g e* representa las caras del clinodomo.

Finalmente, para determinar las caras del prisma, se dibuja la recta *c' d* (fig. 7.ª) del tamaño de la *c d* de la figura 1.ª

En sus extremos se levantan normales, y en una de éstas se marca la recta *c' g* idéntica á la *g g* de la figura 2.ª

Se eligen como centros los puntos *c'* y *g*, y con los radios *c' h'* y *g h*, cuya longitud se indica en la figura 6.ª, se corta la recta *h d*, determinándose así los puntos *h* y *h'*, con lo cual queda cerrado el polígono *g h h' c'*, que representa las caras del prisma.

La recta resultante *h h'* tiene idéntica dimensión que la *h h'* de la figura 3.ª

Con estas formas se encuentra el desarrollo del cristal de augita (fig. 9.ª).

Para explicar la formación de la macla, se supone el cristal dividido en dos partes, por medio de un plano paralelo al ortopinacoide, y que una de las dos mitades gira 180° con relación á la otra.

Las únicas caras del cristal que se alteran por el plano de corte son las del clinodomo y las del clinopinacoide.

Las del clinodomo quedan divididas en dos partes, tal y como se muestra en la figura 6.ª

Las del clinopinacoide experimentan el trastorno indicado en la figura 8.ª

Las demás caras no hacen más que invertir su posición.

Teniendo en cuenta estas variaciones en el desarrollo de la macla respecto del que presenta el cristal, construimos el de aquélla (fig. 10).

Dimensiones para construir el bulto: Figura 1.ª, $BC = 45$ mm.; $Bm = 15$ mm.; $Cm = 10$ mm.

Figura 2.ª, $ef = 65$ mm.

23).—Macla de yeso en flecha.

(Láminas 44 y 45.)

El cristal de yeso consta de prisma, clinodomo y clinopinacoide.

El ángulo que forman entre sí las caras del prisma es de 111° 30′.

El de las caras del clinodomo, de 143° 48′.

El que forma la base con el ortopinacoide es de 113° 51′.

Se dibuja el triángulo isósceles de la figura 1.ª, cuyo ángulo vale 111° 30′, y se da á sus lados *a b* y *a c* una longitud igual á la anchura de las caras del prisma.

Se conoce la anchura de las caras del clinodomo construyendo el triángulo isósceles *a′ f b* (fig. 2.ª), cuyo ángulo *a′ f b* sea de 143° 48′, y fijando, sobre la base de este triángulo, la dimensión *b c′*, igual á la base del triángulo de la figura 1.ª

Por el punto *c* se hace pasar la recta *c r* paralelamente á *f b*. La *r f* mide la anchura de las caras del clinodomo, cuya magnitud debe marcarse también sobre el lado *f b*, formando así el triángulo isósceles *r f s*.

Construimos el ángulo *g m l*, de 113° 51′ (fig. 3.ª), y en sus lados se fijan las dimensiones *m l* y *m g*, que respectivamente son las de las aristas verticales del prisma y las de intersección de las caras del clinodomo entre sí.

Se tiran las rectas *d n* y *p o*, paralelas á *g h* y *m l*, y que disten de ellas la longitud *d a*, igual á la altura del triángulo de la figura 1.ª

Se delinean las *p d* y *n o*, paralelas á *m g* y *l h*, y separadas de ellas por la distancia *d f*, igual á la altura del triángulo *r f s* de la figura 2.ª

El paralelogramo *p d o n* representa las caras del clinopinacoide.

Solo resta determinar la verdadera magnitud de las aristas de intersección de las caras del prisma con las del clinodomo, cuyas proyecciones son las rectas *d g* y *n h*.

Con este objeto construimos los triángulos rectángulos de las

figuras 4.ª y 5.ª, en los que uno de los catetos es uno de los valores dg y nh, y el otro cateto $cd = cn$ es la mitad de la base del triángulo de la figura 1.ª

Las hipotenusas cg y ch tienen la verdadera longitud de las rectas pedidas.

Para construir el desarrollo se tira la recta aa (fig. 6.ª), en la cual se señalan las ab, ab' y bb', tomadas de las figuras 1.ª y 3.ª, y se levantan normales á aa por los puntos resultantes.

Eligiendo por centros los puntos b', con el radio $b'x$, igual á dp de la figura 3.ª, se construyen las caras $b'xFB$ del clinopinacoide (véanse las $pdno$ de la figura 3.ª).

Se delinean las rectas EE' y GG' (fig. 6.ª), paralelas á $b'x$ y BF, y que disten unas de otras una longitud igual á rf de la figura 2.ª

Se hace después centro en los puntos B y x, y con un radio igual á la hipotenusa ch de la figura 5.ª se determinan los puntos E y z.

Tomando como centro los puntos resultantes, se determinan con el mismo valor los puntos G.

Desde los puntos b' y F, como centro, con un radio que tenga por medida la hipotenusa cg de la figura 4.ª, se fijan los puntos H y E'.

Desde los puntos E' como centro, con el mismo radio se determinan los G'.

Los polígonos $Hb'Bz = xzHF$ representan las caras del prisma; los $E'Exb' = EE'G'G$, las del clinodomo.

Se supone que, para originarse la macla, se divide en dos el cristal, mediante el plano que contiene al eje vertical y al ortoeje y que después giran las dos mitades.

Con arreglo á esta hipótesis, dividimos en dos partes todas las caras del desarrollo del cristal (excepto las del prisma) y se invierte la posición de las dos mitadas resultantes.

La figura 7.ª es el desarrollo del cristal, en el que las caras, que en su parte izquierda representan el clinodomo, las hemos dividido en dos, uniendo los puntos medios de sus aristas paralelas.

Respecto de las caras de la derecha, además de dividirlas en

dos partes se ha invertido la posición relativa de las dos mitades.

Repitiendo dos veces esta parte derecha, se dibuja la figura 8.ª, que es el desarrollo completo de la macla.

Dimensiones para construir el bulto: Figura 1.ª, $a\,c = 12$ mm. Figura 3.ª, $m\,g = 65$ mm.; $m\,l = 80$ mm.

24).—Macla del yeso en hierro de lanza (Ley de París).

(Lámina 46.)

Se supone que se origina cortando el cristal, según la dirección del hemiortodomo negativo, y haciendo girar después una mitad con relación á la otra.

El cristal se ha construído con las mismas medidas que se usaron en el yeso en flecha, excepto la arista $a\,b$ (fig. 1.ª) del clinodomo, que es más corta.

La recta $A\,B$ representa el hemiortodomo y está dispuesta de modo que pasa por el centro del cristal.

El desarrollo del cristal con estas medidas es la figura 2.ª

Sobre las rectas de este desarrollo se fijan las dimensiones $b\,e$, $d\,f$, $c\,g$, $a\,h$ (fig. 3.ª), tomadas de la figura 1.ª

La línea quebrada $e\,f\,g\,h$, por la que resulta dividido en dos partes el desarrollo, representa el corte del cristal por el hemiortodomo.

Invirtiendo la posición de una de las dos mitades con relación á la otra, se dibuja el desarrollo de la macla, que es la figura 4.ª

Dimensiones para construir el bulto: véanse sus relaciones con la macla anterior.

Valor diferente, $a\,b = 35$ mm.

25).—Macla de Carlsbad, en la ortosa.

(Láminas 47 y 48.)

Es la compenetración de dos cristales, compuestos cada uno de prisma, pinacoide, base y ortodomo.

El ángulo de las caras del prisma es de 119° 47′.

El ángulo de la base con el ortopinacoide es de 116° 13′.

El ángulo de la base con el hemiortodomo positivo 99° 42′.

Se construye el triángulo isósceles *a b c* (fig. 1.ª), cuyo ángulo *v d e* es de 119° 47′.

El lado *a b* indica la anchura de las caras del prisma.

La recta *a c* mide la distancia que separa los clinopinacoides.

En la recta *x x* (fig. 2.ª) se fijan dos puntos *c* y *C* (cuya distancia de uno á otro es la anchura de las caras del clinopinacoide), en ellos se levantan dos normales á la recta *x x*, y en una de éstas se toma un valor arbitrario *c m*, que es el de las aristas verticales del prisma. En el punto *c* se construye el ángulo *c′ c m*, de 116° 13′. En el punto *c′* (arbitrario), también se construye un ángulo, que es el *c c′ m*, de 99° 42′. Repitiendo lo mismo en la parte inferior, resulta la figura *c c′ m c c′ m*, que representa las caras del clinopinacoide.

En la recta *x x*, á la izquierda de *c C*, se van dibujando sucesivamente las distancias *c b* = *b c* (lados del triángulo figura 1.ª).

En la última división delineada se toma, contando desde *c*, la distancia *c d*, igual á la altura del triángulo de la figura 1.ª

Seguimos pintando en dicha recta *x x*, á la izquierda de las ya señaladas, *c C* idéntica á la *c C*, que se marcó la primera.

Desde el extremo *C*, últimamente fijado, se dibuja la distancia *C d* igual á *c d* de la figura 1.ª Desde el referido punto *C* se extiende la distancia *C z*, igual á la *a b* de la figura 1.ª, y á continuación la distancia *z b*, igual á dicha recta *a b*.

Por todos los puntos resultantes, *c*, *b*, *d*, *c*, *C*, *d*, *z*, *b*, se levantan perpendiculares á *x x*.

Sobre la distancia *C c* (parte izquierda) se construye la figura *m c′ c m c′ c*, por el mismo método que la primera.

Se prolongan las rectas *m c′* y *c′ c* hasta que corten respectivamente á *d g* y *d e*. Por los puntos *g* y *e* se tiran rectas paralelas á *x x*, hasta cortar á las normales *b f* y *z n*, y se unen los puntos *c* con *f*; y los *m*, con *n*. Los puntos *n* y *f* designan respectivamente los puntos de intersección de la base y ortodomo con la arista obtusa del prisma.

Para determinar la base y ortodomo se prolonga la recta *m c′*; y contando desde *c′*, se limita esta prolongación por medio del valor *c′ c*.

En c' se levanta una normal á $m\,c$, dándola la dimensión $c'a$ idéntica á la de la base del triángulo de la figura 1.ª Por el punto a resultante se tira la recta $m\,A$ paralela á $m\,c$, y se toman en ella, contando desde el punto a, la longitud $a\,A$, idéntica á la $c'\,c$, y la $m\,a$, que lo es á $m\,c'$. Se eligen como centros los puntos A y c, y con un radio igual á $c\,f$, por intersección se obtiene el punto f. De igual suerte se fija el punto n, haciendo centro en los puntos m, con el radio $m\,n$.

La figura $a\,c'\,m\,n\,m$, resultante, es la base, y la $a\,c'\,c\,f\,A$, el ortodomo.

La parte inferior se construye de igual modo que la superior.

Las caras $c\,f\,n\,m$ son las del prisma.

La figura 2.ª es, pues, el desarrollo completo del cristal.

Al compenetrarse los dos cristales, alguna parte de sus caras deja de existir. La cara de compenetración es el ortopinacoide, que desaparece casi por completo.

La figura 4.ª pone de manifiesto el cruce de los clinopinacoides de ambos cristales, y en ella se observa que se pierde todo menos los polígonos $y\,r\,p\,o$.

Para ver lo que desaparece en las demás caras del cristal construimos el desarrollo de éste (delineado ya en la figura 2.ª), pero quitándole una cara del clinopinacoide (fig. 3.ª).

Si en las caras del prisma, que se hallan en los dos estremos del dibujo, se buscan los puntos medios s y v de las rectas $c\,f$ y $n\,m$, y se unen por medio de las rectas $s\,v$, se encuentra la parte $f\,s\,v\,n$ de las caras del prisma que se conserva. En dichas rectas $s\,v$ se forman dos ángulos entrantes de la macla. Además se conserva el triangulito $c\,s\,t$, que se construye tirando por s la recta $s\,t$ paralela á $b\,c$.

El resto $t\,s\,v\,m$ se pierde.

Las otras dos caras del prisma no sufren alteración alguna.

Las del ortodomo tampoco la experimentan.

Con objeto de averiguar lo que falta en la base, se tiran las rectas $n\,f$ y $m\,m'$; se halla el punto medio v de $m'\,n$ y se le une con y por medio de la recta $v\,y$.

Se marca sobre la recta $a\,m'$ el valor $a\,x$ idéntico al $a\,o$ de la figura 4.ª, y en el punto x se levanta la normal $x\,o$.

La figura *a x o y v n m c'* es, por tanto, la parte de base que se conserva.

Para completar el desarrollo, tan solo falta construir sobre la recta *o y* la figura *o p r y* (tomada de la figura 4.ª), que manifiesta la parte de clinopinacoide que se conserva, y sobre la recta *A f* el triángulo *A t s* (véase *c s t*).

Uniendo dos de estos desarrollos se consigue hacer el desarrollo completo de la macla (fig. 5.ª).

Dimensiones para construir el bulto: Figura 1.ª, $a\,b = 14$ mm. Figura 2.ª, $m\,c' = 50$ mm.; $c\,c' = 33$ mm.; $m\,c = 100$ mm.

Nota.—Las cuatro partes iguales del desarrollo (fig. 5.ª) deben llevar los signos que van en una de ellas.

26, 27, 28).—Cristianita.

(Láminas 49, 50, 51, 52 y 53.)

D) Macla polisintética (tercera macla), compuesta de tres maclas (segundas maclas);

C) cada una de ellas es, á su vez, macla de otras dos (primeras maclas);

B) y éstas se derivan del cristal primitivo.

A) El cual consta de prisma, clinopinacoide y base, y se presenta alargado en la dirección del clinoeje.

Ángulo de este prisma, 119° 18'.

El de su clinoeje con el eje vertical = 124° 23'.

El desarrollo de este cristal se halla en la figura 6.ª

26).—Primera macla de la cristianita.

(Láminas 49, 50 y 51.)

Para explicarnos el origen de esta macla, suponemos el cristal de cristianita *a b g d* (fig. 1.ª) cortado por el plano *e f*, paralelo á las bases, y admitimos que las dos mitades de aquél giran alrededor de un eje normal á *e f* en su punto medio, formando de tal modo la figura *a e g h f d*, semejante á la del yeso en flecha.

Se corta ésta por el plano *lk* (fig. 2.ª), normal al clinoeje, con lo que se encuentra dividida en dos partes: una inferior, *lkhfd*, que permanece fija, y otra superior, que ha de ser cortada por el plano *es* paralelo al clinoeje.

Girando luego las dos mitades resultantes *aesl* y *eskg* alrededor de los ejes *mo* y *pn* en el sentido indicado por las flechas, queda, por fin, constituída la macla (la primera) *egedfh* que estudiamos y se encuentra dibujada en la figura 3.ª

Esta primera macla consta de tres clases de caras.

Unas, las $c' f c'' c'' f c'$ (figura 7.ª, que es el desarrollo de esta macla), son las dos bases del cristal primitivo y que se conservan enteras.

Otras son las ocho caras *afnm*, cada una de las cuales es la mitad de una de las cuatro del cristal primitivo, cuyo desarrollo se dibuja en la figura 6.ª

Las otras dos, $a m c' c' m a$, son las del clinopinacoide transformadas por la macla.

Para encontrar el desarrollo se dibuja el triángulo isósceles *abc* (fig. 4.ª), cuyo ángulo *abc* sea de 119° 18′.

Se tira la recta $a c'$ (fig. 5.ª) $= 2\, a b$ (fig. 1.ª), y también se señala en ella la *ad*, de la dimensión de la altura del triángulo de la figura 1.ª, y por los cuatro puntos *a*, *d*, *b*, c', se levantan perpendiculares á $a c'$.

Se delinea el ángulo *AaB*, de 124° 23′ y se prolonga la recta *Aa* hasta que corte á la *de*. Por el punto *e* se tira la recta paralela á $a c'$ y se unen los puntos *a* y c' con *f*.

Para dibujar las caras $a m c' c' m a$ del clinopinacoide se tira la recta $a c'$ (fig. 7.ª) (línea que se ha suprimido en la figura), y en sus extremos se levantan dos perpendiculares, que se limitan con la $a a = c' c'$. En los puntos *a* y c' se construyen los ángulos *maa* y $m c' c'$, de 104° 23′.

Las caras $c' m n f$ se delinean tirando las rectas *nf* y *oa*, paralelas á $m' c'$ y distantes unas de otras la longitud del lado *ab* del triángulo de la figura 1.ª

Con las mismas condiciones se tiran las *oc* y *fn*, paralelas á *am*, se elige como centro el punto *m*; y con el radio *mn*, idéntico á la recta *af* de la figura 2.ª, se cortan las rectas *fn*.

Contando desde los puntos n resultantes, se marca sobre las rectas $n\,f$ la $n\,f$ igual á $a\,m$.

Otra vez se toman como centro los puntos n; y con un radio idéntico al anterior, se cortan las rectas $o\,c$.

Contando desde los puntos o, en que son seccionadas, se señalan en ellas las distancias $o\,a = o\,c = a\,m$ y se unen los puntos resultantes.

Finalmente, se construyen las bases en la prolongación de $a\,c'$ (fig. 7.ª), marcando $c'\,c''$ idéntica á la base del triángulo de la figura 1.ª, y se levantan las normales $c'\,c'$ y $c''\,c''$ (una estaba dibujada antes), y se limitan con dicha longitud $c'\,c'$ (valor tomado al hacer las caras $a\,m\,c'\,c'\,m\,a$). Desde los puntos $c'\,c''$, como centro, con el radio $e\,f$ (valor tomado de la figura 2.ª), se fijan por intersecciones los puntos f.

Así se forman las caras $c'\,f\,c''\,c''\,f\,c'$, y con ellas y las anteriores se construye el desarrollo representado en la figura 7.ª

27).—Segunda macla de la cristianita.

(Láminas 51 y 52.)

Cruzándose en ángulo recto dos ejemplares de la macla primera, y teniendo de eje común el eje más largo de ellas (que es el correspondiente al clinoeje del cristal primitivo), se origina esta segunda macla, en la que se conservan intactas las bases del cristal.

Las caras del clinopinacoide y del prisma desaparecen en parte.

Para hallar lo que pierden, se delinea la figura 8.ª, compuesta de las ocho caras del prisma de la macla anterior y una del clinopinacoide.

Contando desde los puntos m, se marca, sobre las rectas $m\,c'$ y $m\,a$, la distancia $m\,p$ igual á la $c'\,f$ de la figura 7.ª

Desde o se señala sobre las rectas $o\,a$ y $o\,c$ la distancia $o\,p$ idéntica á la $m\,p$ anterior, y se unen los puntos p con los n.

La figura $n\,m\,n\,p\,p\,n\,m\,n\,p\,p$, juntamente con los cuatro triangulitos $n\,o\,p$, designa la parte que se pierde.

La cuarta parte del desarrollo (fig. 9.ª) de esta segunda macla

se encuentra constituída por la base, dos de las caras *c' p p c'* (fig. 8.ª) y las cuatro caras del prisma (parte que se conserva).

Repitiendo, por tanto, cuatro veces, se obtiene el desarrollo completo (fig. 10.ª).

28).—Tercera macla de la cristianita.

(Láminas 52 y 53.)

Consta de tres de las anteriores (segundas maclas), cruzadas por sus centros en forma de estrella de seis radios iguales, cuyos ejes guardan la posición de los ejes del cubo.

Los tres cristales tienen una parte central común que desaparece del desarrollo.

Así que el de cada uno de los seis radios se halla constituído por la mitad del desarrollo de la segunda macla, menos la mitad de la parte que se pierde.

Se dibuja, por consiguiente, la mitad del desarrollo de la segunda macla (fig. 12.ª); lo que se consigue tirando la recta $x\,a$, normal á las aristas largas en su punto medio.

Con el fin de investigar la parte que se pierde, se delinea la sección transversal de la segunda macla (fig. 11.ª), formada por dos rectángulos, cuyos lados ofrecen la extensión de las rectas $a\,c'$ y $c'\,c''$ de la figura 7.ª

Las $a\,z$ y $x\,y$ miden los que pudieran llamarse radios de la porción que desaparece. En una de las normales del desarrollo se marcan dichas distancias $a\,Z$ y $x\,y$ (fig. 12.ª), se tiran por los puntos y, Z, paralelas á $x\,a$; se buscan los puntos medios de las rectas $B\,C$, y se los une con los A y C por medio del ziszás que se ve en la figura 12.ª

Esta constituye el desarrollo de uno de los seis radios; pero como para delinear el desarrollo total hay que unir los unos á los otros por medio de las rectas $A\,N$ y $A\,y$, y éstas caen hacia el interior, hay que hacerlas pasar á la parte de afuera, lo cual se consigue colocando la última cara de la derecha junto á la primera de la izquierda.

Con esto se construye el desarrollo que se observa en la figura 13.ª, y es el que se aprovecha para conseguir el de la totali-

dad de la tercera macla, repitiéndolo seis veces: íntegro, cuando es factible, pues no todos los seis pueden conservarse en su forma primitiva, y en algunos hay que aceptar otra, según se ve en la figura 16.ª, que es el desarrollo completo de esta macla tercera.

Si se desea solamente la mitad de éste, se une tres veces el dibujo de la figura 13.ª, resultando así la 15.ª, en la que se nota que ha sufrido desviación una de las caras de la parte superior de esta figura.

Al desarrollo de la sexta parte de la tercera macla puede darse la forma que aparece en la figura 14.ª

Dimensiones para construir el bulto de estas tres maclas de la cristianita: Figura 4.ª, $ab = 1$ cm.; aristas verticales del prisma $= 5$ cm.; aristas de intersección del clinodomo con la base $=$ 11 cm.

NOTAS. *Primera macla.*—En la parte superior del desarrollo (fig. 7.ª) deben ponerse los mismos signos que en la inferior.

Segunda macla.—En todo el desarrollo (fig. 10.ª) póngase los signos que hay en la cuarta parte.

Tercera macla.—Todas las líneas en ziszás de la parte inferior del desarrollo de la sexta parte de la tercera macla (fig. 13.ª) llevan el signo que hay puesto en las dos primeras líneas de la izquierda.

En toda la parte superior se han de repetir los signos colocados en la primera porción de la izquierda de aquélla.

Sistema triclínico.

29).—Macla de la distena, según el macropinacoide.

(Láminas 54 y 55.)

Cristal triclínico compuesto del prisma y los tres pinacoides.

Ángulos de los ejes:

Ángulo del eje vertical con el ántero-posterior $= 101^\circ\ 2'$.

Ángulo del ántero-posterior con el transverso $= 90^\circ\ 51'$.

Ángulo del transverso con el vertical $= 105^\circ\ 44'$.

Ángulos de una cara del prisma (anterior izquierda) con las restantes:

Ángulo con el pinacoide paralelo al eje transverso = 130° 44'.

Ángulo con la otra cara anterior del prisma = 83°.

Ángulo con la cara derecha del pinacoide paralelo al eje transverso = 56° 59'.

Se halla la sección recta del cristal (corte por un plano perpendicular al eje vertical) tirando la recta *k j* (fig. 1.ª), en la que se toma la magnitud *h a*, que será la cara del prisma, con relación á la cual se han fijado los datos. En el punto *a* se construye el ángulo *k a b*, de 130° 44'; en el *n*, el ángulo *k n c*, de 83°; y por el *j*, el ángulo *k j d*, de 56° 59'.

Se hace pasar por *h* una paralela á *c d*, y en ambas paralelas se marca, contando desde *c* y *h* respectivamente, el valor *c d* = *h g*, arbitrario, pero tal que $cd < ab$.

Por los puntos *d* y *g* se tiran paralelas á *a h* y *b c*, y se las limita con una dimensión igual á la que presenta la recta á que son paralelas.

La *f e* ha de resultar paralela á *a b* y de igual longitud que ésta.

El octógono *a b c d e f g h* es, por consiguiente, la sección recta pedida.

Con objeto de construir la figura 2.ª, se tiran las dos rectas *n T* y *m T* paralelas y separadas una de otra, lo mismo que las dos paralelas *a b* y *f e* de la figura 1.ª; se tira también la recta *C R* paralela y que diste igualmente de ambas; en el punto *C* de ella se construye el ángulo *m C R*, de 101° 2', y por los puntos *C* y *n* se tiran normales á las tres paralelas.

La *m n* es el eje ántero-posterior; y la *C R*, el vertical.

En la construcción de la figura 3.ª se sigue un método análogo al empleado al dibujar la figura 2.ª

Se tiran las rectas *B T* y *F T*, paralelas y que disten entre sí la longitud *B M*, idéntica á la que media entre las paralelas *c d* y *g h* de la figura 1.ª; se delinea la *C R* con las mismas condiciones que en la figura 2.ª; se construye el ángulo *F C R*, de 150° 44', y por el punto *C* se tira la *B M*, normal á dichas paralelas.

La recta *D F* es el eje transverso; y la *C R*, el vertical.

Las caras laterales son todas paralelogramos, uno de cuyos lados es el eje vertical.

Por tanto, basta para su determinación conocer la longitud ó inclinación de otros lados, que son las aristas básicas.

Para hallar estos valores se tira la recta $a\,a'$ (fig. 4.ª), en la cual se fijan, por su orden, los lados del octógono de la figura 1.ª; por los puntos resultantes, y además por los puntos medios m', A, n', E de las rectas $a\,b$, $c\,d$, $e\,f$ y $g\,h$ se levantan normales á la recta $a\,a'$ y se tiran dos rectas $M\,t$ y $o\,o'$ paralelas á $a\,a'$ y que disten entre sí la longitud $t\,o$ igual á la $t\,o$ de la figura 2.ª

En el punto n se construye el ángulo $n'\,n\,z$ de 105° 44', y por el punto m, distante de la paralela $o\,o$ la dimensión $o\,m$, idéntica á la $o\,m$ de la figura 2.ª, se dibuja el ángulo $m'\,m\,s$, del mismo valor (105° 44') que el otro.

Las rectas $s\,r$ y $z\,z'$ son las aristas básicas de las caras del pinacoide paralelo al eje transverso.

Después en los puntos D y F, distantes de la recta $M\,t$ la longitud $B\,D = M\,F$, tomada de la figura 3.ª, se construyen los ángulos $B\,D\,y$ y $E\,F\,y'$, de 101° 2'.

Las rectas $s'\,y'$ é $y\,x$ son las aristas básicas de las caras del pinacoide, paralelo al eje ántero-posterior.

Sobre la recta $o\,a$ se señala la dimensión $o\,r = o'\,r$ y se tiran las rectas $r\,s'$, $y'\,z'$, $z\,y$ y $x\,s$, que son las aristas básicas de las cuatro caras del prisma.

Conocidos estos valores se determina la base. Con este objeto se tiran dos rectas $m\,n$ y $F\,D$ (fig. 5.ª) (valores tomados de las figuras 2.ª y 3.ª), cruzadas por su punto medio C, formando un ángulo $D\,C\,n$ de 90° 51', y se tiran por los puntos m y n rectas paralelas á $D\,F$; y por los F y D, otras rectas paralelas á $m\,n$.

En las paralelas á $F\,D$ se señalan las distancias $r\,s$ y $z\,z'$ (tomadas de la figura 4.ª), de modo que m y n sean respectivamente sus puntos medios.

En las paralelas á $m\,n$ se dibujan las rectas $x\,y$ y $s'\,y'$ (también tomadas de la figura 4.ª), de modo que D y F sean sus puntos medios; se tiran, por fin, las rectas $s\,x$, $y\,z$, $z'\,y'$ y $s'\,r$, con lo cual cerramos el octógono $s\,x\,y\,z\,z'\,y'\,s'\,r$, que representa la base.

Si se dibuja bien esta figura, las rectas $s\,x$, $y\,z$, $z'\,y'$ y $s'\,r$ tendrán igual longitud que las que llevan las mismas letras en la figura 4.ª

Con estos datos se encuentra el desarrollo del cristal, según se ve en la figura 6.ª

La macla resultante es, en un todo, análoga á la de la augita.

El plano de combinación es el que contiene los ejes vertical y transverso.

La división de la base en dos por este plano, y la transformación que sufren las caras del pinacoide paralelo al eje transverso, por el giro de las dos mitades del cristal, son enteramente análogas á los trastornos de la augita.

El desarrollo de la macla de distena aparece en la figura 7.ª

Dimensiones para construir el bulto: Figura 1.ª, $h\,j = 66$ mm.; $a\,j = 43$ mm.; $n\,j = 22$ mm.; $c\,d = 16$ mm.

Madrid, Abril de 1905.

EXPLICACIÓN DE LAS LÁMINAS

LÁMINA 20

Macla de cubos, según el triaquisoctaedro, en la fluorita.

Desarrollo.

LÁMINA 21

Macla de cubos, según cara de octaedro, en la fluorita.

Desarrollo.

Macla de las espinelas.

Desarrollo.

LÁMINA 22

Macla de complemento de dos piritoedros, «cruz de hierro», de la pirita.

Fig. 1.ª Pentágono de los piritoedros que se maclan.
Fig. 2.ª Proyección de la sexta parte de la macla.
Fig. 3.ª Desarrollo de la sexta parte de la macla.
Fig. 4.ª Desarrollo de toda la macla.
Fig. 5.ª Desarrollo de la sexta parte de la macla, con signos convencionales para la construcción del bulto.

LÁMINA 23

Diamante.

Fig. 1.ª Desarrollo de la macla de complemento de dos tetraedros. (En diamante).
Fig. 2.ª Desarrollo de la macla de cuatro tetraedros. (En diamante).

LÁMINA 24

Macla, según la deutopirámide, de los cuarzos del Delfinado.

Fig. 1.ª Sección recta del prisma.

Fig. 2.ª Determinación de la altura de las caras del romboedro.

Fig. 3.ª Una cara del romboedro.

Fig. 4.ª Proyección de los vértices de la sección recta sobre una diagonal.

Fig. 5.ª Proyección del prisma en el plano que contiene los ejes principales de los dos cristales y su corte por el plano de macla.

Fig. 6.ª Desarrollo de uno de los prismas.

Fig. 7.ª Desarrollo de toda la macla.

LÁMINA 25

Macla de dos escalenoedros, según la base (calcita).

Fig. 1.ª Desarrollo del escalenoedro.

Fig. 2.ª Determinación de las descomposiciones que sufren las caras por el plano de macla.

Fig. 3.ª Desarrollo de la parte mayor de las 12 caras en la posición que guardan en la macla.

Fig. 4.ª Desarrollo de la macla.

LÁMINA 26

Macla de dos romboedros, según la base (calcita).

Fig. 1.ª Descomposición que sufre la cara del romboedro por el plano de macla.

Fig. 2.ª Desarrollo completo de la macla.

Macla de protopirámide, según una cara de la misma, en la calcopirita.

Figuras 1.ª y 2.ª Descomposición que sufren las caras de la pirámide por el plano de macla.

LÁMINA 27

Sigue la macla de protopirámide, según una cara de la misma, en la calcopirita.

Fig. 3.ª Desarrollo de la macla.
Fig. 4.ª Desarrollo de la macla, con los signos convencionales para construir el bulto.

LÁMINA 28

Macla de la casiterita, llamada «pico de estaño».

Fig. 1.ª Sección recta del prisma.
Fig. 2.ª Determinación de la altura de las caras de la pirámide.
Fig. 3.ª Una cara de la pirámide.
Fig. 4.ª Determinación del ángulo que forma la deutopirámide con la base.
Fig. 5.ª Proyección de la macla. (Los prismas se unen por el arranque de sus pirámides).
Fig. 6.ª Desarrollo de la mitad de la macla. (Hay algo de prisma sin maclar).
Fig. 7.ª Desarrollo de toda la macla.

LÁMINA 29

Macla de dos prismas del rutilo, según la deutopirámide.

Fig. 1.ª Determinación de la base del prisma ditetragonal.
Fig. 2.ª Determinación de la base del protoprisma.
Fig. 3.ª Determinación de la altura del triángulo superior: uno de los dos que forman la cara de la protopirámide.
Fig. 4.ª El triángulo superior.
Fig. 5.ª Determinación de los puntos de intersección de las caras de la protopirámide con las aristas del prisma ditetragonal.
Fig. 6.ª Triángulo inferior de las caras de la protopirámide.
Fig. 7.ª Cara completa de la protopirámide.

LÁMINA 30

Sigue la macla del rutilo.

Fig. 8.ª Proyección de los vértices de la base del prisma ditetragonal sobre una diagonal.

Fig. 9.ª Proyección del prisma ditetragonal sobre el plano que contiene los ejes principales de los prismas, al maclarse, y su corte por el plano de macla.

Fig. 11.ª Desarrollo completo de una de las partes laterales.

LÁMINA 31

Sigue la macla del rutilo.

Fig. 10.ª Desarrollo de uno de los prismas (sin pirámide), que forman las partes laterales de la *U.*

Fig. 12.ª Deducción del desarrollo del centro de la *U.*

LÁMINA 32

Fig. 13.ª Desarrollo completo de la macla del rutilo.

LÁMINA 33

Macla de Molina de Aragón, en el aragonito.

Fig. 1.ª Sección principal de la macla.

Figuras 2.ª y 3.ª Desarrollos de la macla.

Macla de Bilin, en el aragonito.

Fig. 4.ª Determinación de la base.

Fig. 5.ª Desarrollo de la macla.

LÁMINA 34

Macla centrada, «Rädelerz», de la burnonita.

Fig. 1.ª Determinación de la base de un cristal.

Fig. 2.ª Determinación de la anchura de las caras del macrodomo.

Fig. 3.ª Desarrollo de las caras del cristal (no básicas), que se conservan al maclarse.

Fig. 4.ª Base de la macla.

Fig. 5.ª Desarrollo de la macla.

LÁMINA 35

Macla «en cresta de gallo», de la marcasita.

Fig. 1.ª Determinación de la base del cristal.

Fig. 2.ª Corte del cristal por el macropinacoide.

Fig. 3.ª Proyección del cristal en un plano paralelo á la base.

Fig. 4.ª Base y macrodomos.

Fig. 5.ª Cara del prisma.

Fig. 6.ª Desarrollo del cristal.

LÁMINA 36

Fig. 7.ª Desarrollo de la macla de la marcasita.

LÁMINA 37

Macla «en estrella», de la cerusita.

Fig. 1.ª Determinación de la distancia que separa los braquipinacoides.

Fig. 2.ª Corte de la macla por el plano que contiene los ejes horizontales de los cristales.

Fig. 3.ª Determinación de la anchura de las caras del braquidomo.

Fig. 4.ª Corte de un cristal por el plano que contiene al macroeje y al eje vertical.

Figuras 5.ª y 6.ª Los mismos triángulos de las figuras 1.ª y 3.ª con sus alturas.

Fig. 7.ª Determinación del desarrollo de uno de los seis radios (véase la lámina 40).

LÁMINA 38

Macla «en cruz latina», de la estaurolita (prisma y base).

Fig. 1.ª Base.
Fig. 2.ª Proyección de la macla en el plano que contiene los ejes principales de los cristales.
Fig. 3.ª Forma de las caras del prisma al maclarse.
Fig. 4.ª Desarrollo de la macla.

LÁMINA 39

La macla anterior (de la lámina 38), en cristales formados por el prisma y dos pinacoides (piedra de cruz).

Fig. 1.ª Base.
Fig. 2.ª Proyección de la macla en el plano que contiene los ejes principales de los cristales.
Fig. 3.ª Forma de las caras del prisma al maclarse.
Fig. 4.ª Desarrollo de la macla.

LÁMINA 40

A).—Macla «en cruz de San Andrés», de la estaurolita.

Fig. 1.ª Base.
Fig. 2.ª Proyección de la macla en el plano que contiene los ejes principales de los cristales.
Fig. 3.ª Forma de las caras del prisma al maclarse.
Fig. 4.ª Desarrollo de la macla.

B.)—Macla «en estrella», de la cerusita (véase lámina 37).

Fig. 8.ª Desarrollo de la macla.

LÁMINA 41

Macla común del mispiquel.

Fig. 1.ª Sección recta del cristal (base).
Fig. 2.ª Proyección de la macla (prescindiendo de los ma-

crodomos) en el plano que contiene los ejes principales de los cristales.

Fig. 3.ª Forma que tendrían las caras del prisma, al maclarse, si no existiesen los macrodomos.

Fig. 4.ª Determinación de la altura de los triángulos que constituyen las caras del macrodomo.

Fig. 5.ª Verdadera forma que tienen las caras del prisma.

Fig. 6.ª Caras del macrodomo.

Fig. 7.ª Desarrollo de la macla.

LÁMINA 42

Macla de la augita, según el ortopinacoide.

Fig. 1.ª Sección recta.

Fig. 2.ª Cara del ortopinacoide.

Fig. 3.ª Corte del cristal por el plano que contiene al orto-eje y al eje vertical.

Fig. 4.ª Corte del cristal por el plano que contiene al clino-eje y al eje vertical.

Fig. 5.ª Cara del clinopinacoide.

Fig. 6.ª Cara del clinodomo.

Fig. 7.ª Cara del prisma.

Fig. 8.ª Transformación que experimentan las caras del clinopinacoide por la macla.

LÁMINA 43

Sigue la augita.

Fig. 9.ª Desarrollo del cristal.

Fig. 10.ª Desarrollo de la macla.

LÁMINA 44

Macla del yeso en flecha.

Fig. 1.ª Determinación de la distancia que media entre las dos caras del clinopinacoide.

Fig. 2.ª Determinación de la anchura de las caras del clinodomo.

Fig. 3.ª Proyección del cristal en el plano que contiene al clinoeje y al eje vertical.

Figuras 4.ª y 5.ª Determinación del verdadero valor de las aristas de intersección de las caras del clinodomo con las del prisma, cuyas proyecciones tienen por valor las rectas *dg* y *nh* de la figura 3.ª

Fig. 6.ª Desarrollo del cristal.

LÁMINA 45

Fig. 7.ª Determinación de las transformaciones del cristal para convertirse en macla.

Fig. 8.ª Desarrollo de la macla del yeso en flecha.

LÁMINA 46

Macla del yeso en hierro de lanza.

Fig. 1.ª Proyección del cristal y del plano de corte.

Fig. 2.ª Desarrollo del cristal.

Fig. 3.ª Determinación de las dos mitades en que el cristal resulta dividido por el plano de corte.

Fig. 4.ª Desarrollo de la macla.

LÁMINA 47

Macla de Carlsbad en la ortosa.

Fig. 1.ª Determinación de la distancia que media entre las dos caras del clinopinacoide.

Fig. 2.ª Desarrollo del cristal.

Fig. 3.ª Determinación de las alteraciones que sufren las caras del cristal por la macla.

LÁMINA 48

Sigue la macla de Carlsbad en la ortosa.

Fig. 4.ª Cruce de los pinacoides de los cristales.

Fig. 5.ª Desarrollo de la macla.

LÁMINA 49

Cristianita.—Cristal primitivo.

Figuras 1.ª, 2.ª y 3.ª Explicación de las transformaciones que experimenta el cristal primitivo de cristianita para dar lugar á la primera macla.

LÁMINA 50

Sigue la cristianita.—Cristal primitivo y primera macla.

Fig. 4.ª Determinación de la distancia que media entre las caras del clinopinacoide.

Fig. 5.ª Determinación de los puntos de intersección de la base con las aristas del prisma.

Fig. 6.ª Desarrollo del cristal.

Fig. 7.ª Desarrollo de la primera macla.

LÁMINA 51

Sigue la cristianita.—Primera y segunda maclas.

Fig. 8.ª Determinación de las alteraciones que experimentan las caras de la macla primera, al maclarse de nuevo, dando lugar á la segunda macla.

Fig. 9.ª Desarrollo de la cuarta parte de esta segunda macla.

Fig. 10.ª Desarrollo de dicha macla segunda.

LÁMINA 52

Sigue la cristianita.—Segunda y tercera maclas.

Fig. 11.ª Corte de la macla segunda por un plano normal al eje de unión de las dos maclas primeras.

Fig. 12.ª Determinación del desarrollo de la sexta parte (uno de los seis radios) de la tercera macla.

Fig. 13.ª Desarrollo de la sexta parte (uno de los seis radios) de esta tercera macla.

Fig. 14.ª Desarrollo de la sexta parte (uno de los seis radios) de la misma tercera macla.

LÁMINA 53

Fig. 15.ª Desarrollo de la mitad (tres radios) de la tercera macla de la cristianita.

Fig. 16.ª Desarrollo de toda la tercera macla de la cristianita.

LÁMINA 54

Macla de la distena, según el macropinacoide.

Fig. 1.ª Sección recta del cristal.

Fig. 2.ª La recta *nm* representa el eje ántero-posterior.

Fig. 3.ª La recta *DF* representa el eje transverso.

Fig. 4.ª Determinación de las aristas básicas de todas las caras del cristal.

Fig. 5.ª Base.

LÁMINA 55

Sigue la distena.

Fig. 6.ª Desarrollo del cristal.

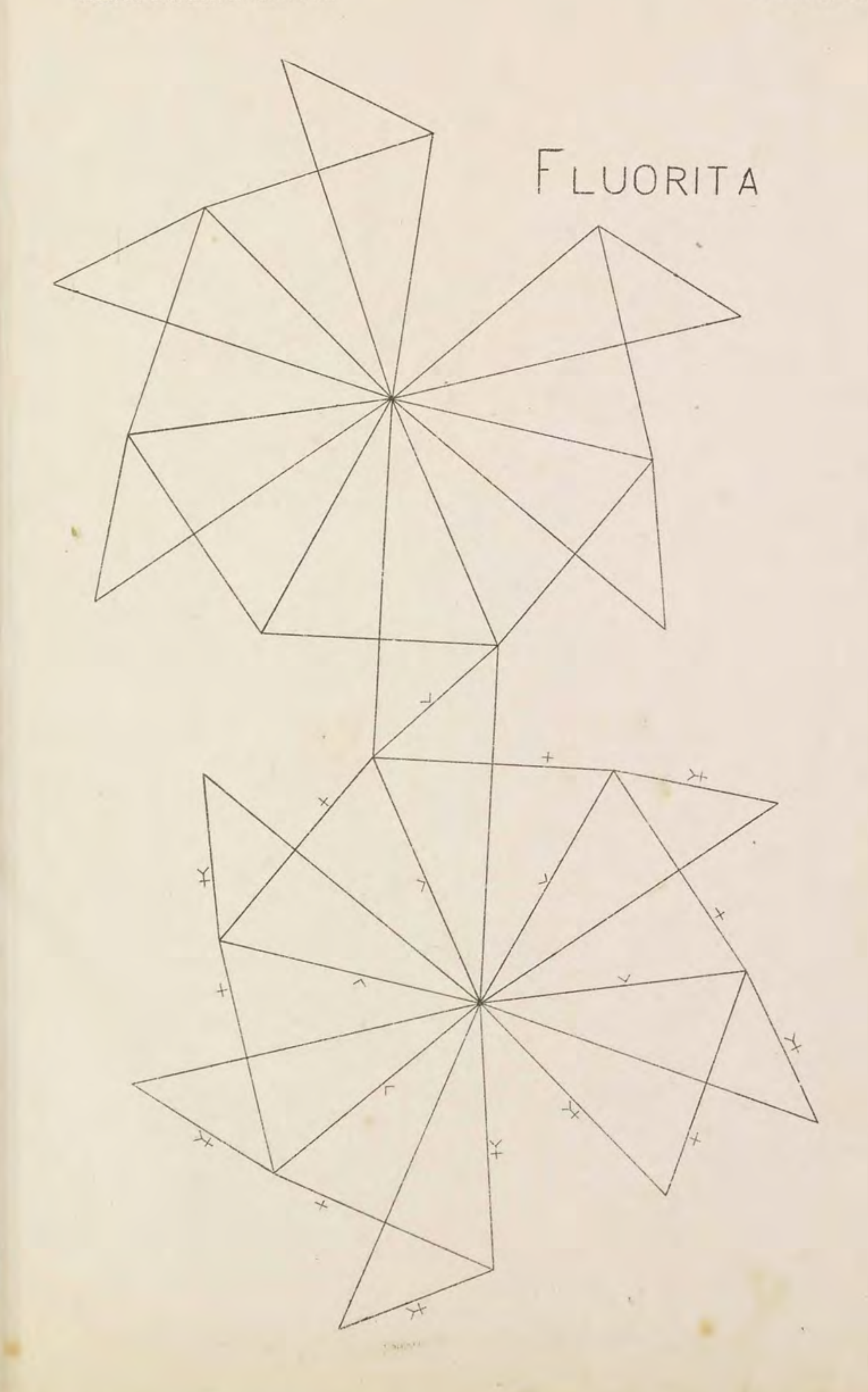
Fig. 7.ª Desarrollo de la macla.

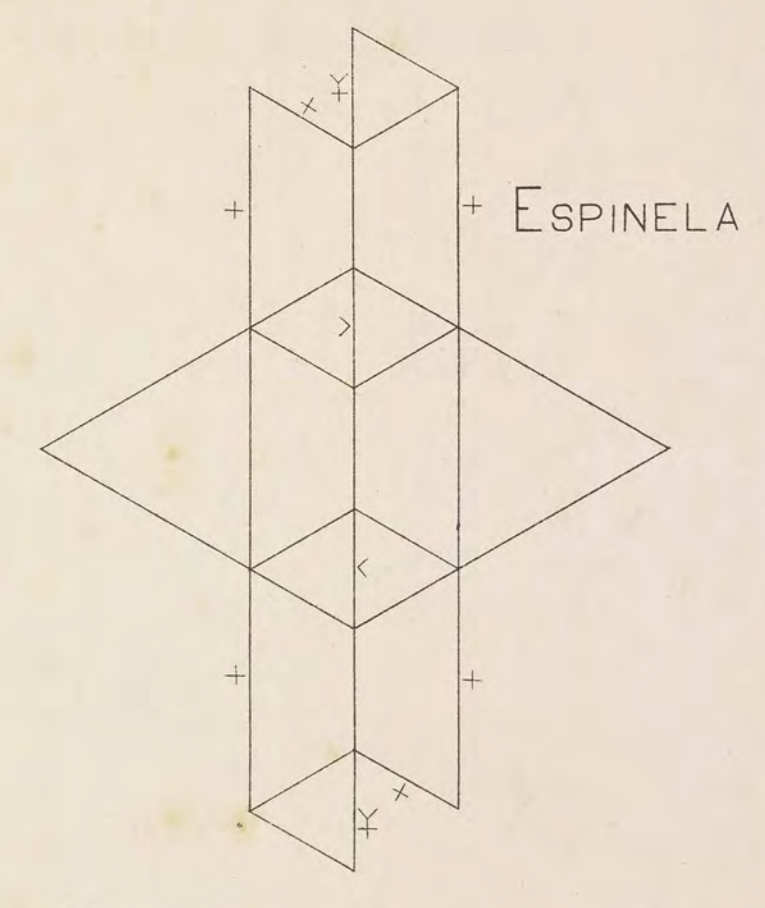
SIGNOS CONVENCIONALES PARA CONSTRUIR LOS BULTOS

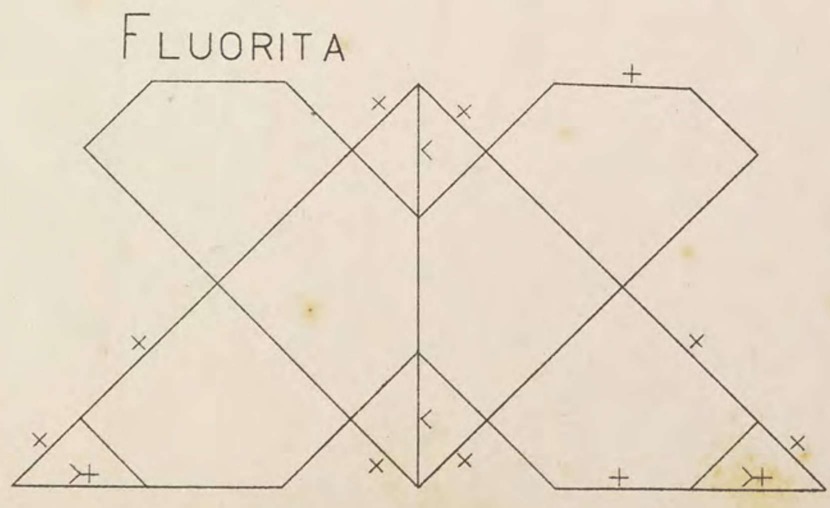
Véase página 206.

ÍNDICE ALFABÉTICO DE LAS MACLAS

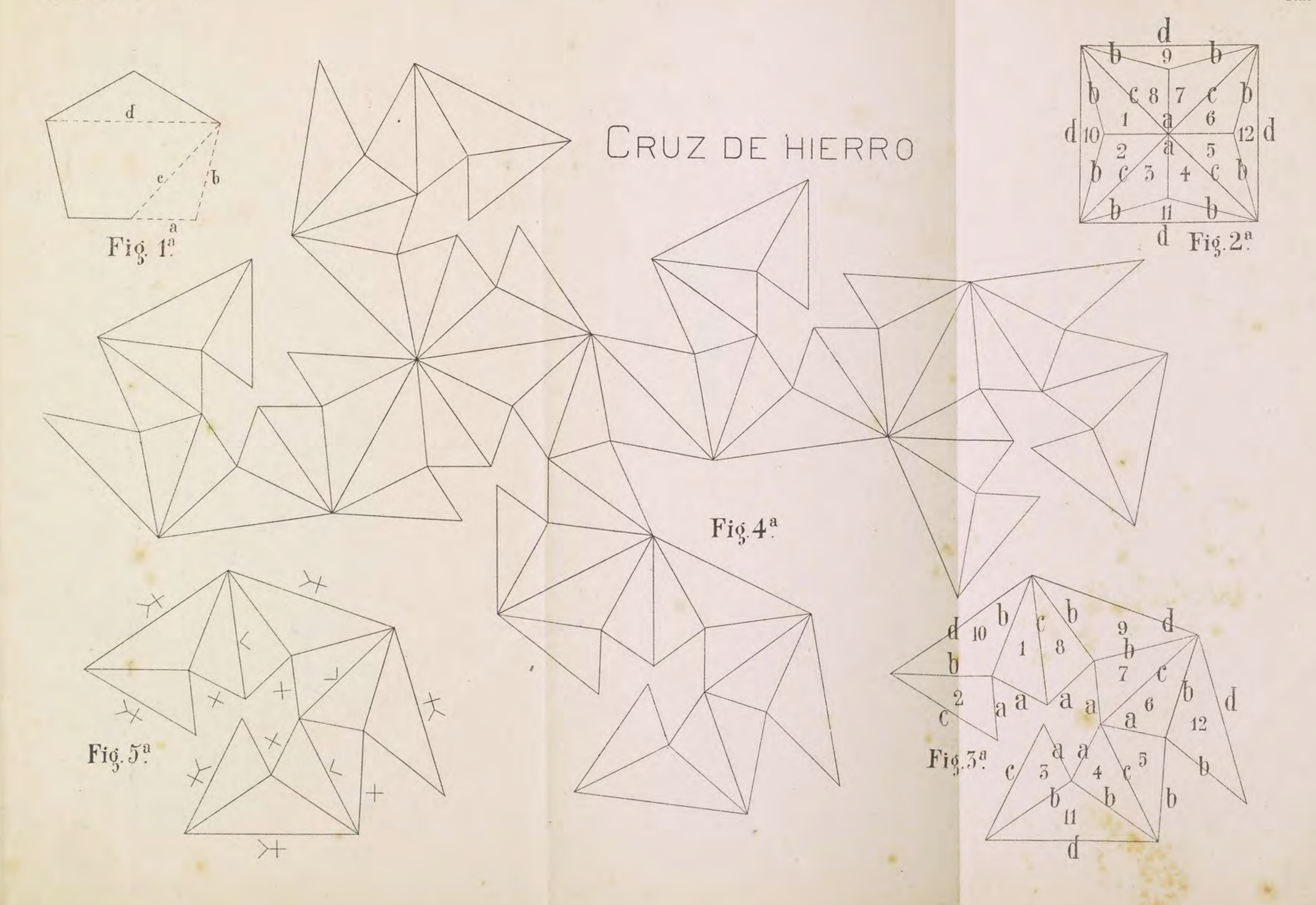
ÍNDICE


FLUORITA


ESPINELA


FLUORITA

Cruz de hierro



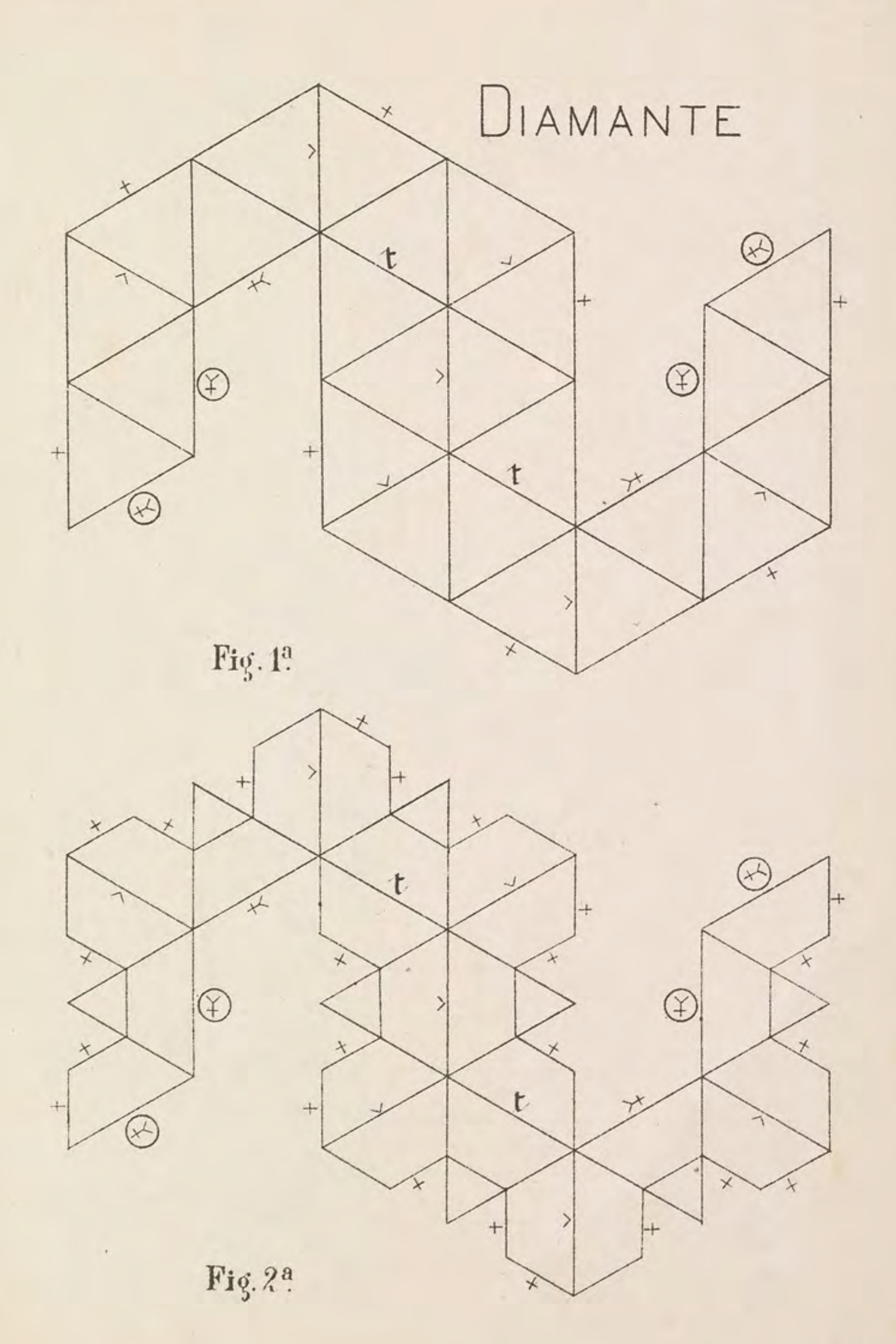
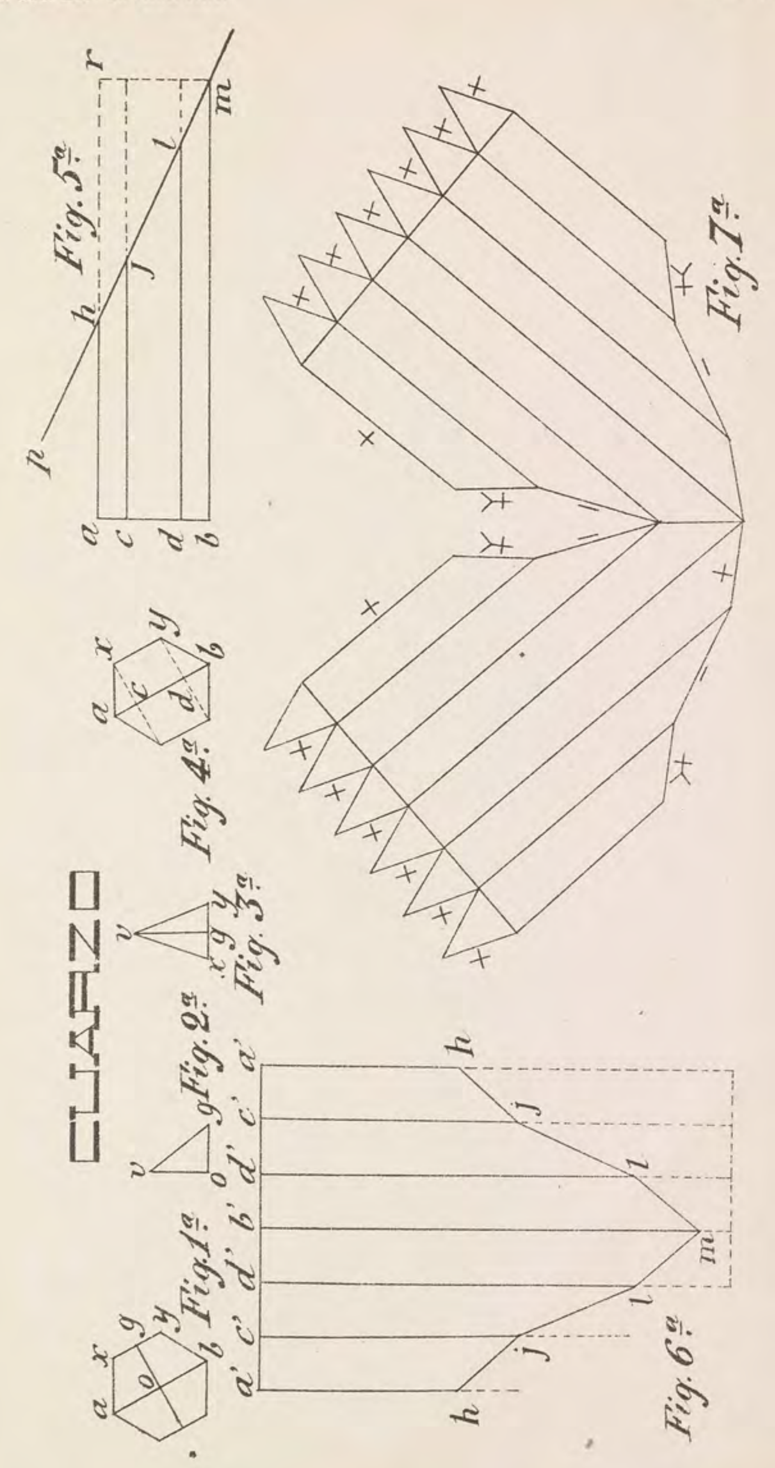
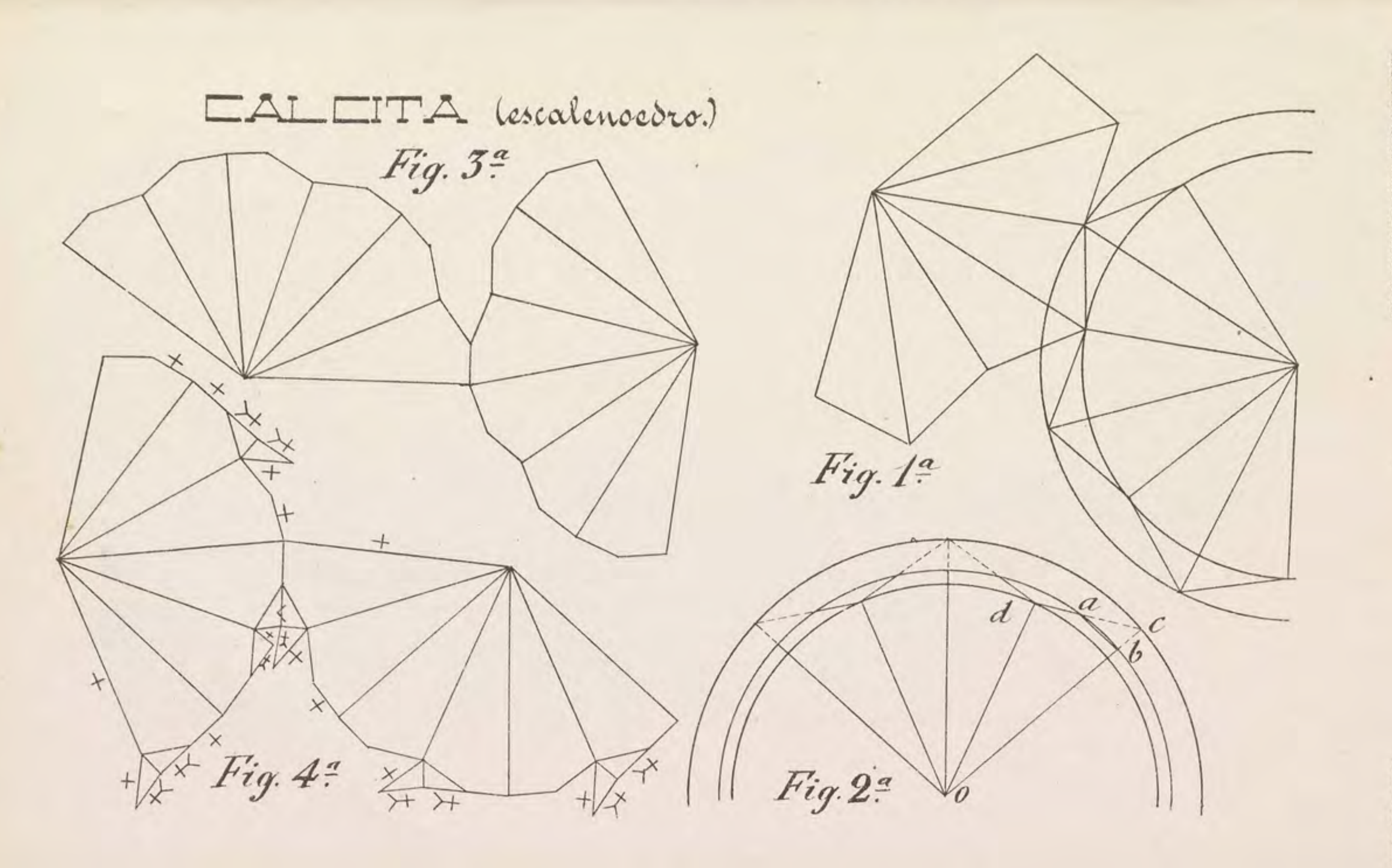
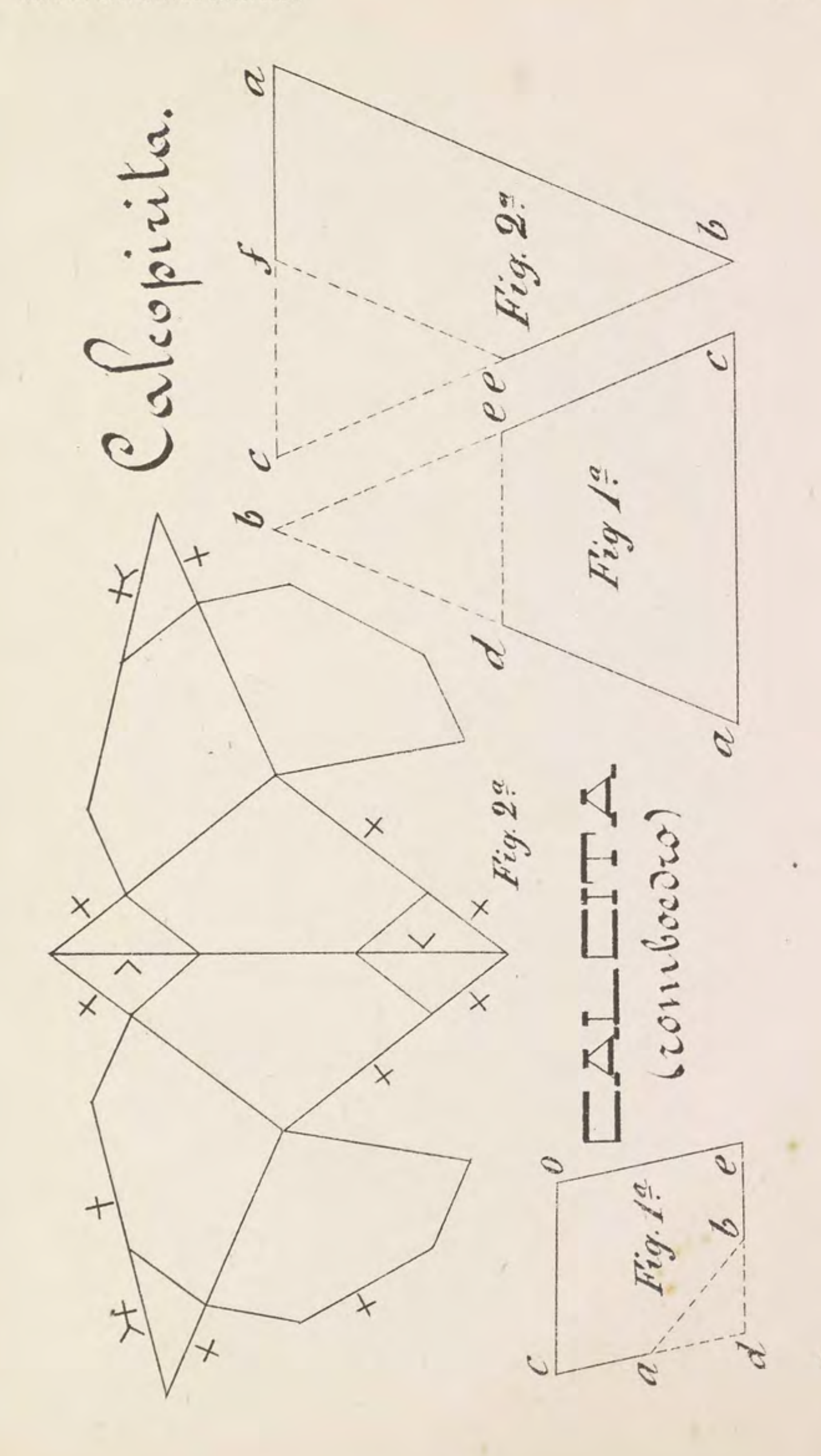


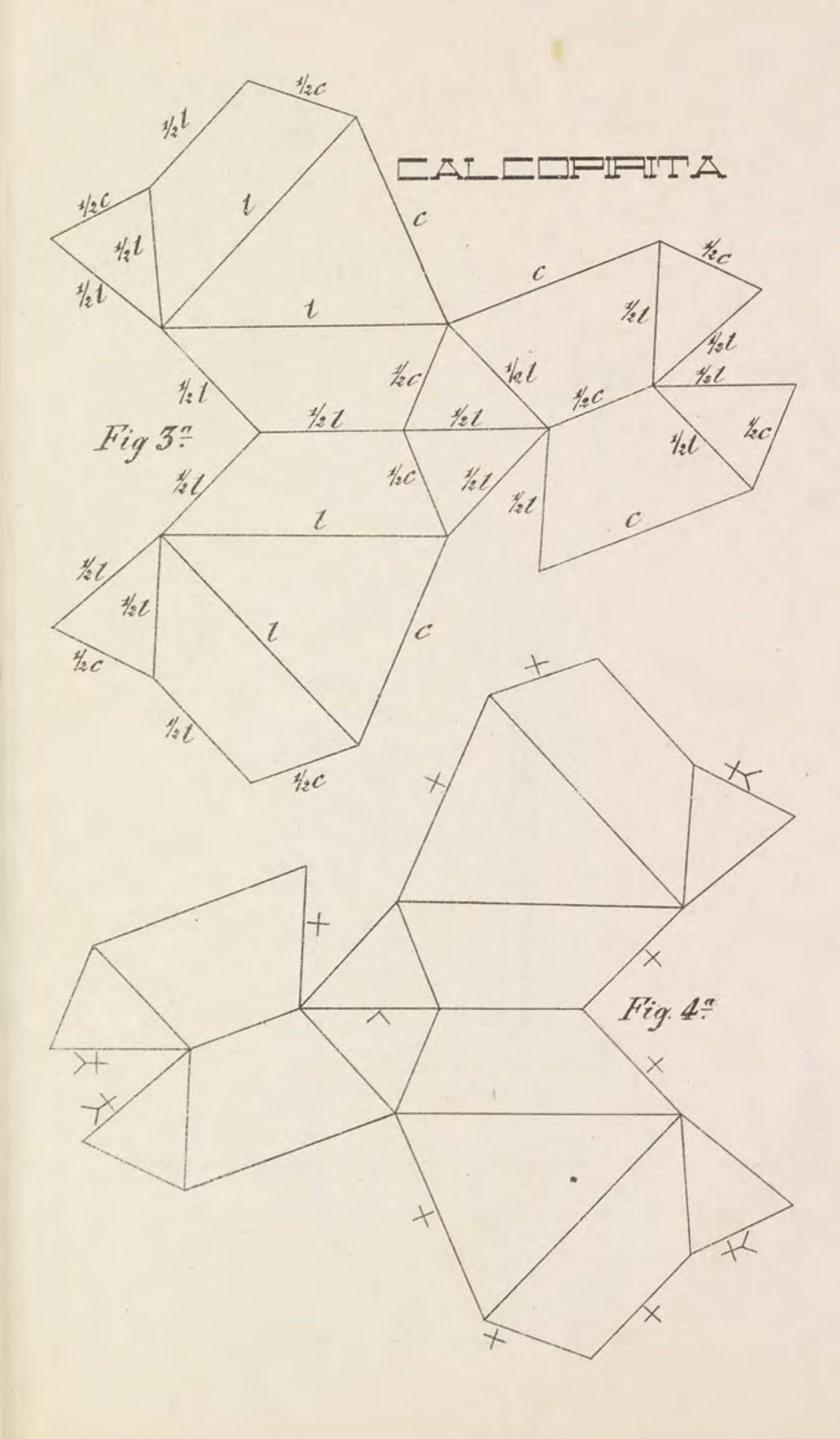
Fig. 1ª

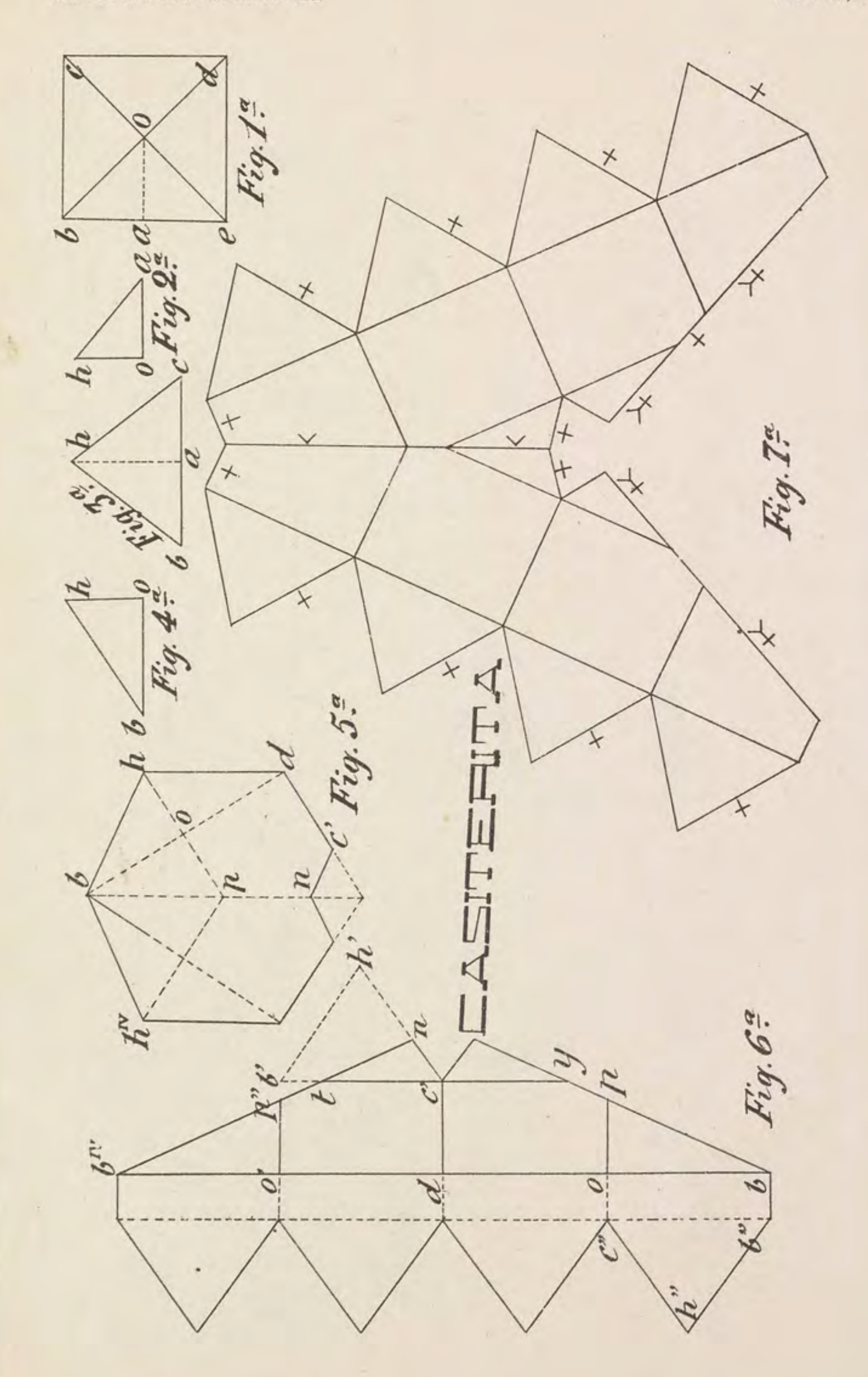
Fig. 2ª

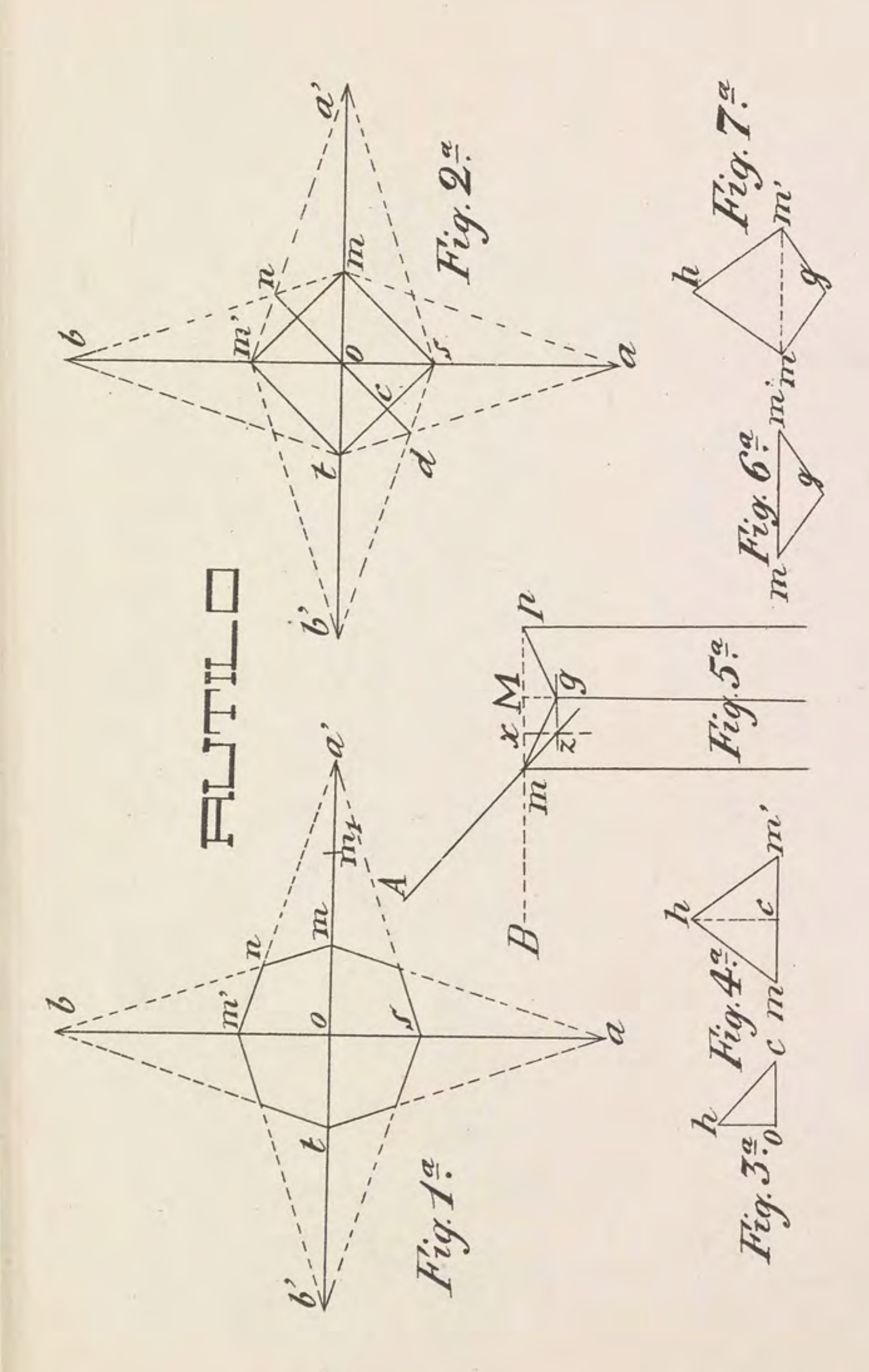

CUARZO
Fig. 1ª
Fig. 2ª
Fig. 3ª
Fig. 4ª
Fig. 5ª
Fig. 6ª
Fig. 7ª


CALCITA (escalenoedro.)
Fig. 3ª
Fig. 1ª
Fig. 4ª
Fig. 2ª
d
a
c
b
o


Calcopirita.
Fig. 2ª
Fig. 1ª
Fig. 2ª
CALCITA
(romboedro)
Fig. 1ª


CALCOPIRITA
Fig 3ª
Fig. 4ª
c
l
½ c
½ l


Fig. 1ª
Fig. 2ª
Fig. 3ª
Fig. 4ª
Fig. 5ª
Fig. 6ª
Fig. 7ª
CASITERITA


RUTILO
Fig. 1ª
Fig. 2ª
Fig. 3ª
Fig. 4ª
Fig. 5ª
Fig. 6ª
Fig. 7ª

RUTILO

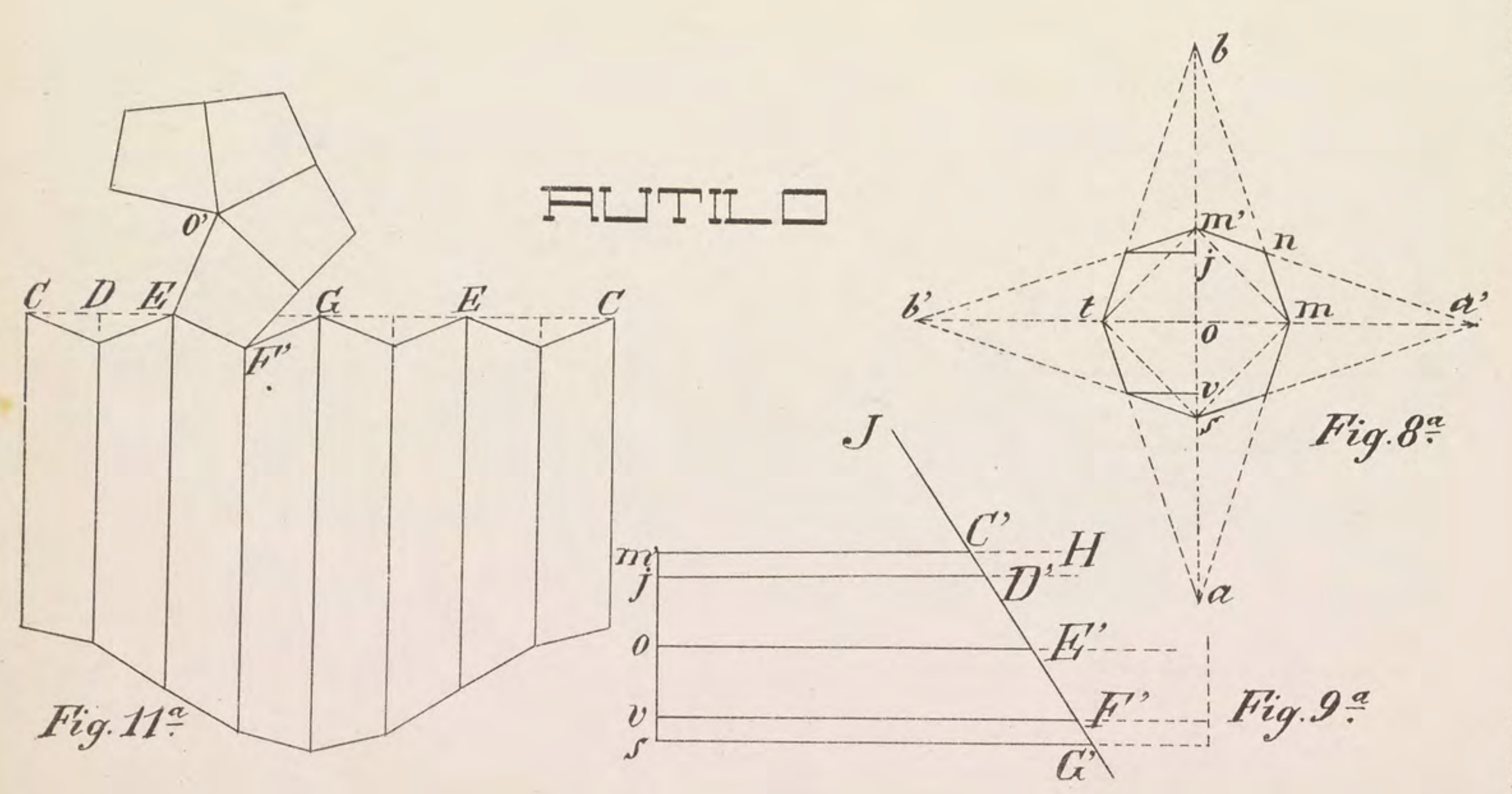


Fig. 11.ª

Fig. 9.ª

Fig. 8.ª

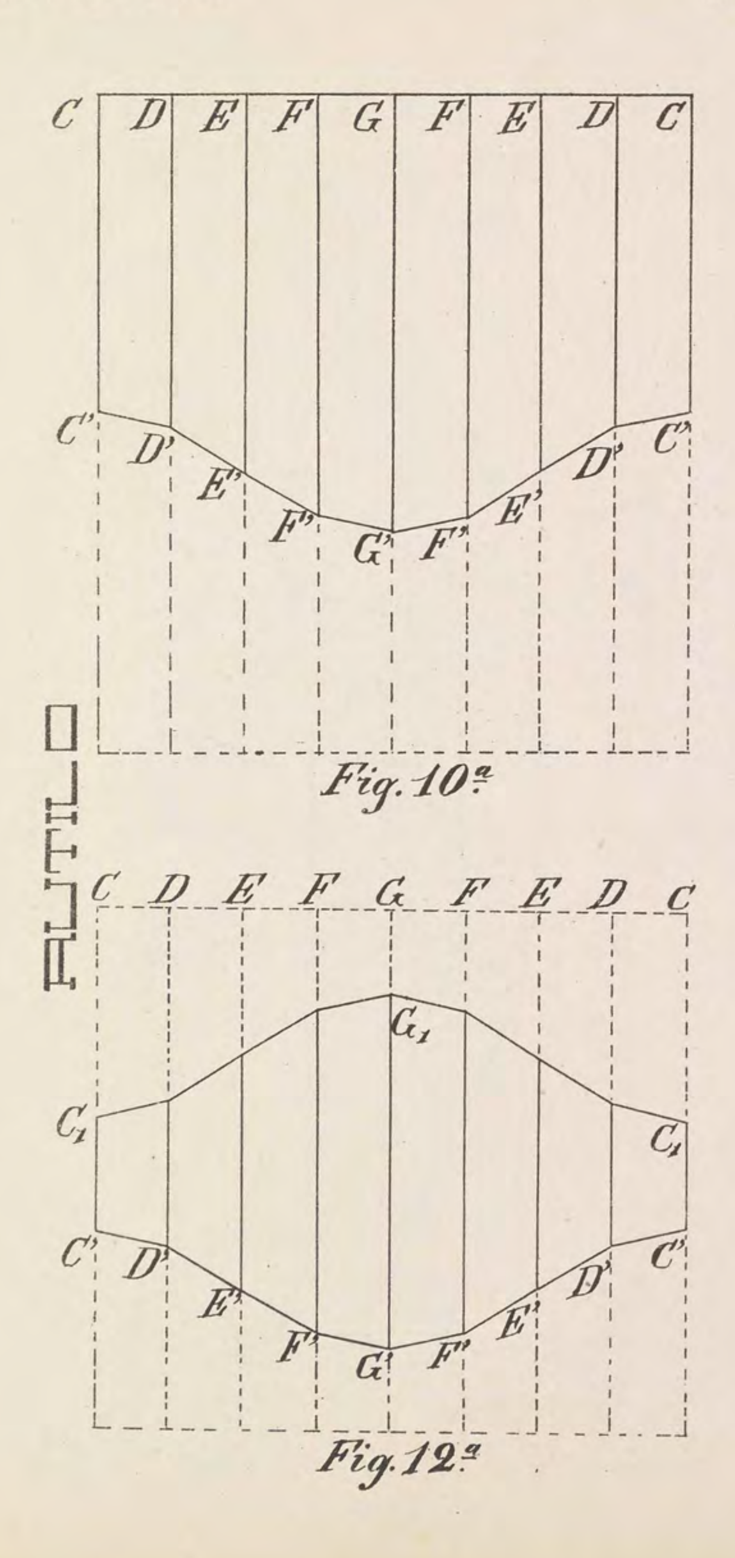


Fig. 10ª

Fig. 12ª

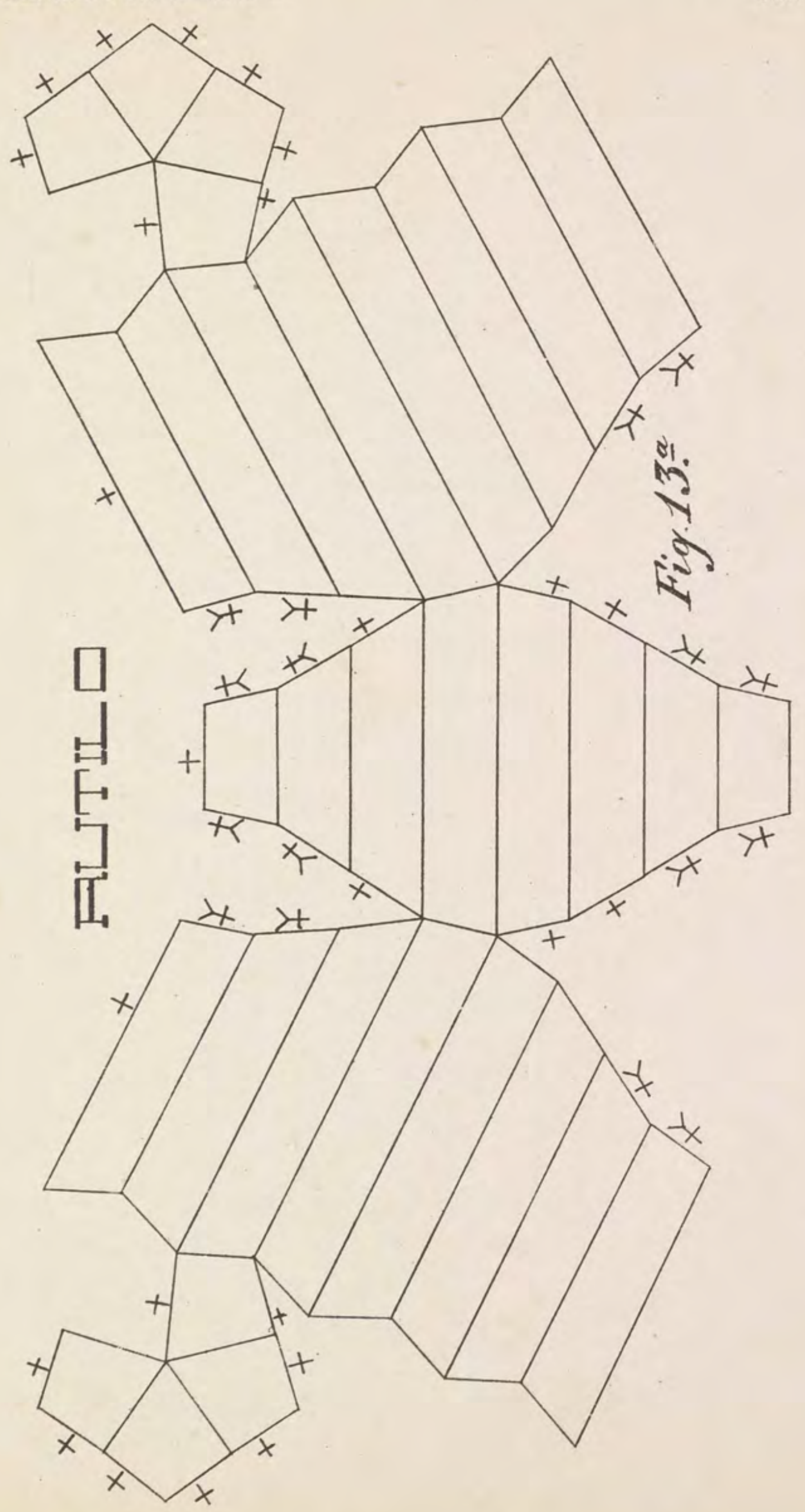
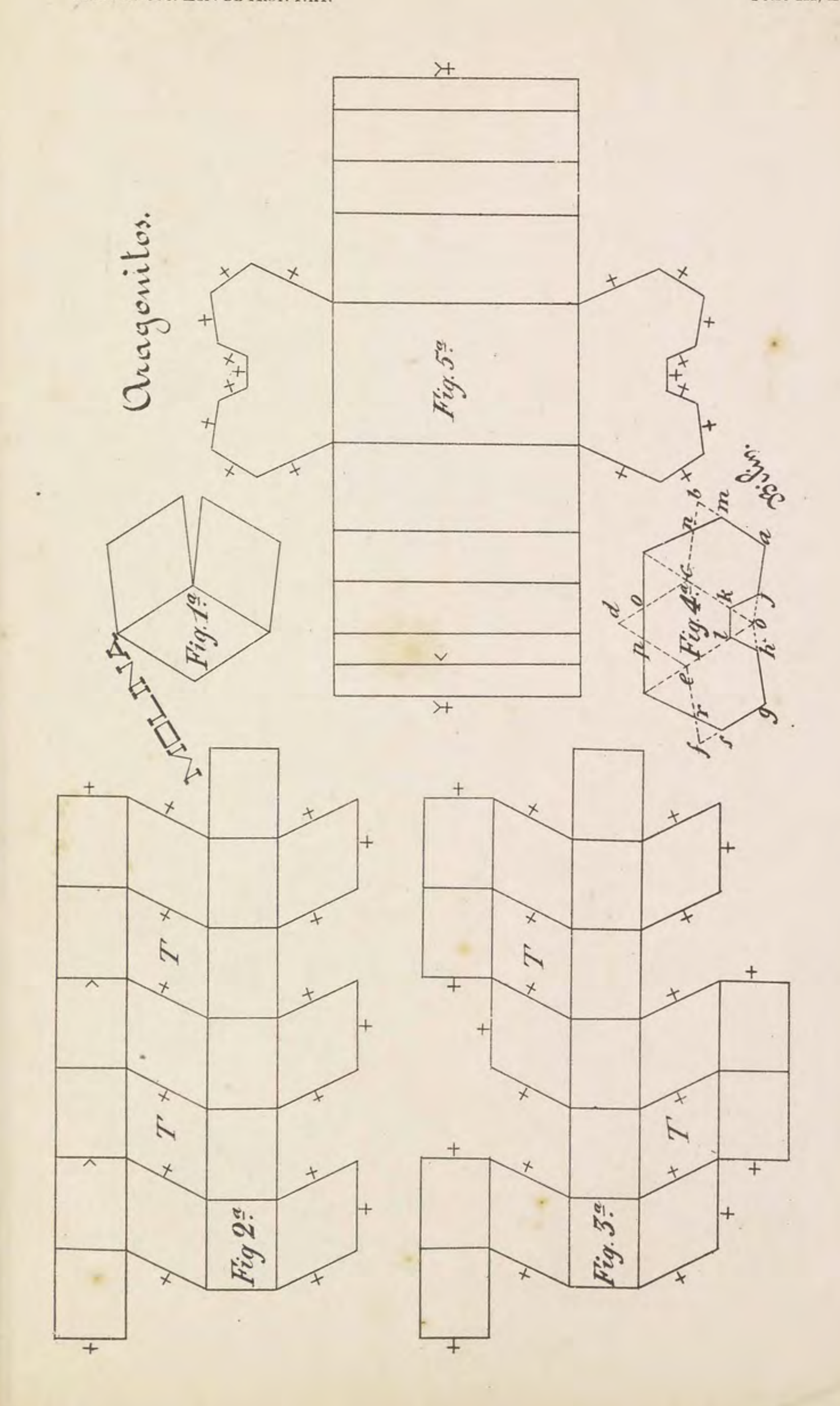
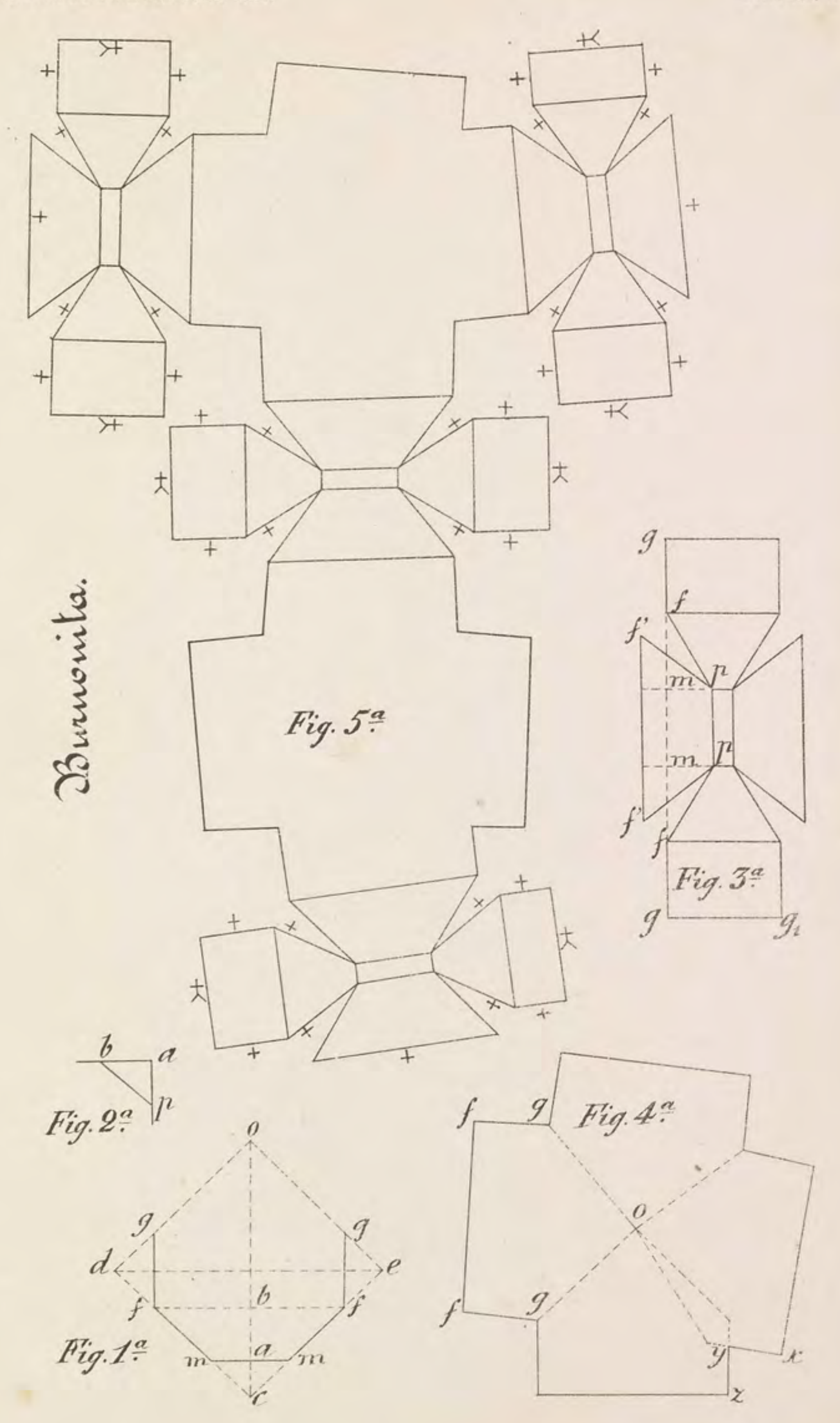
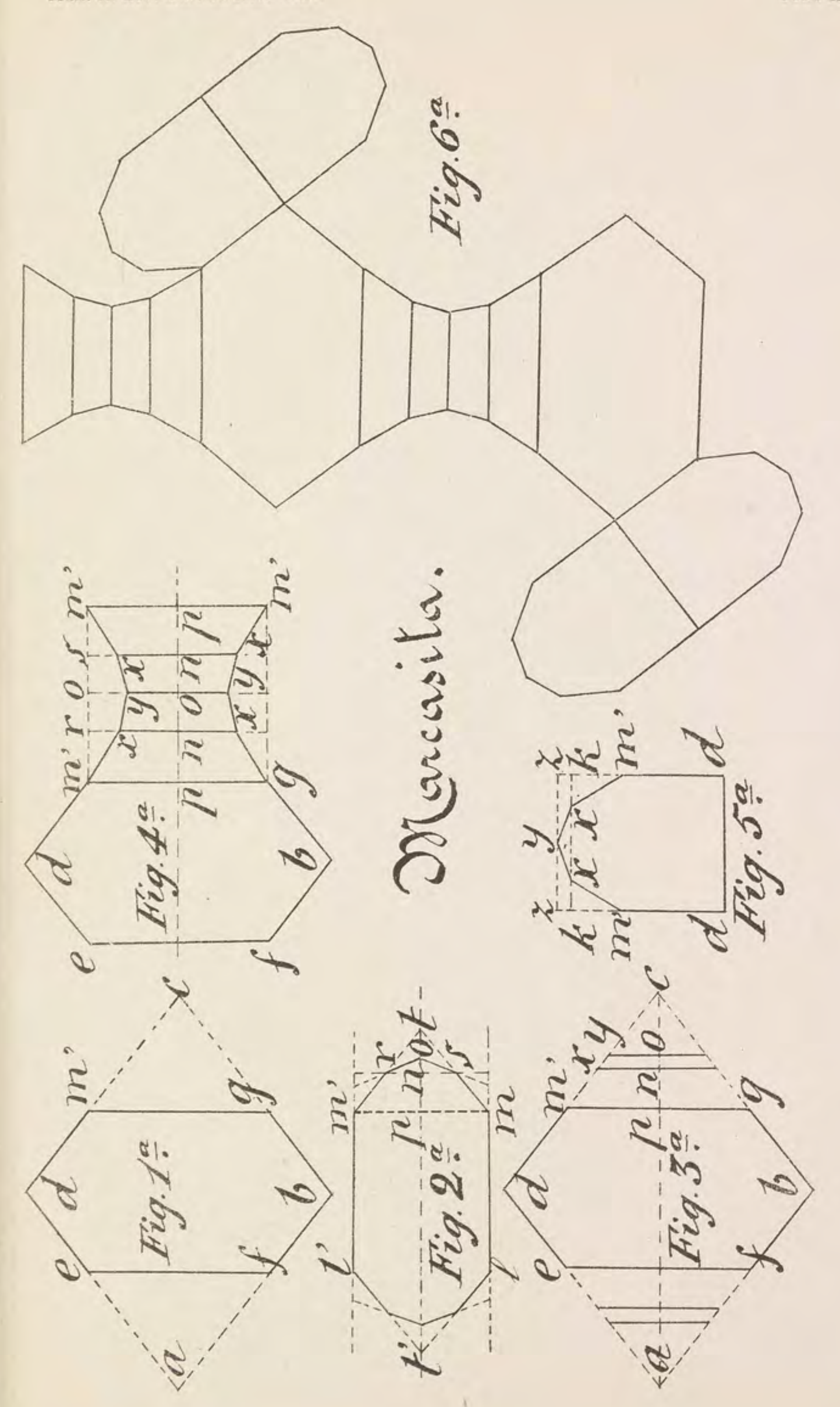
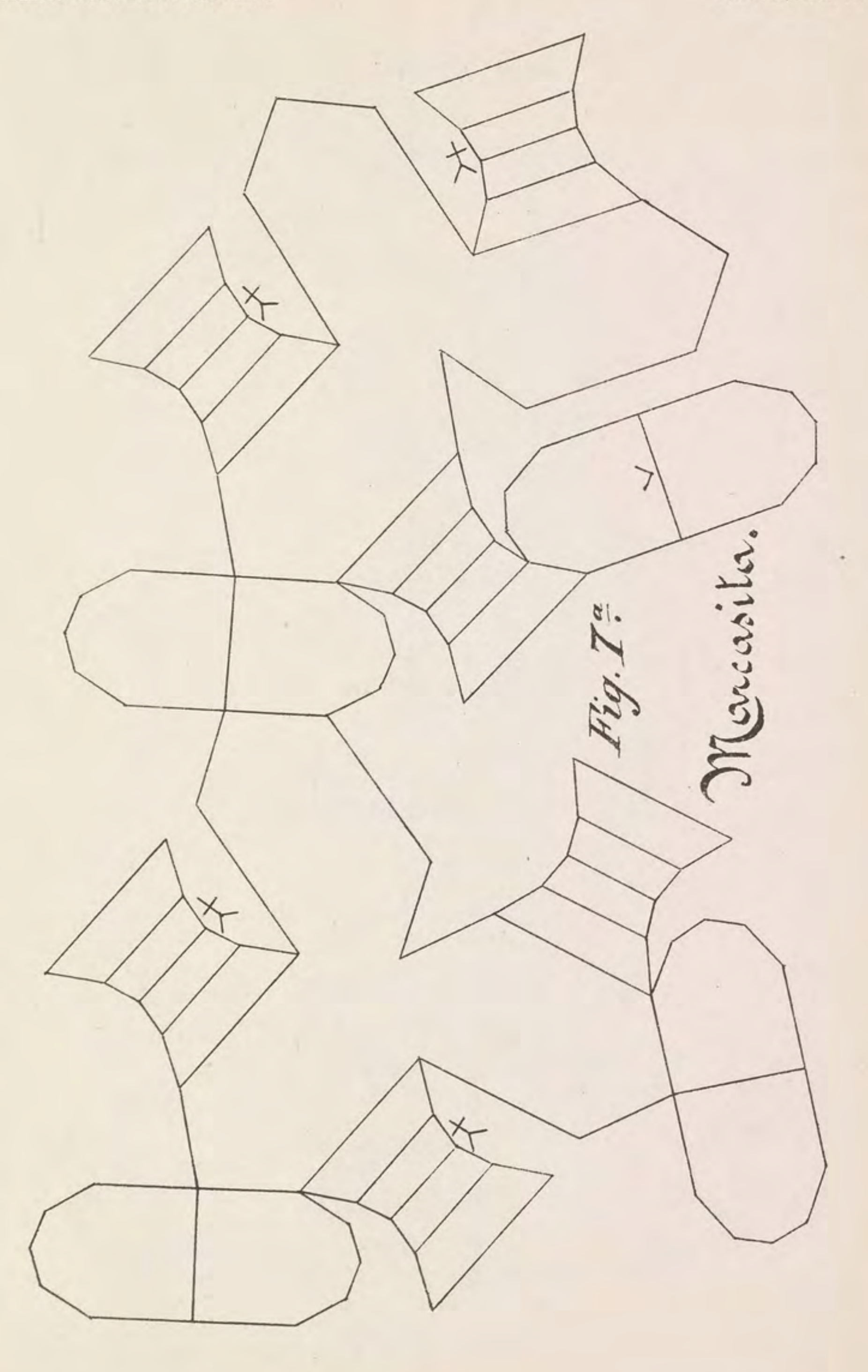


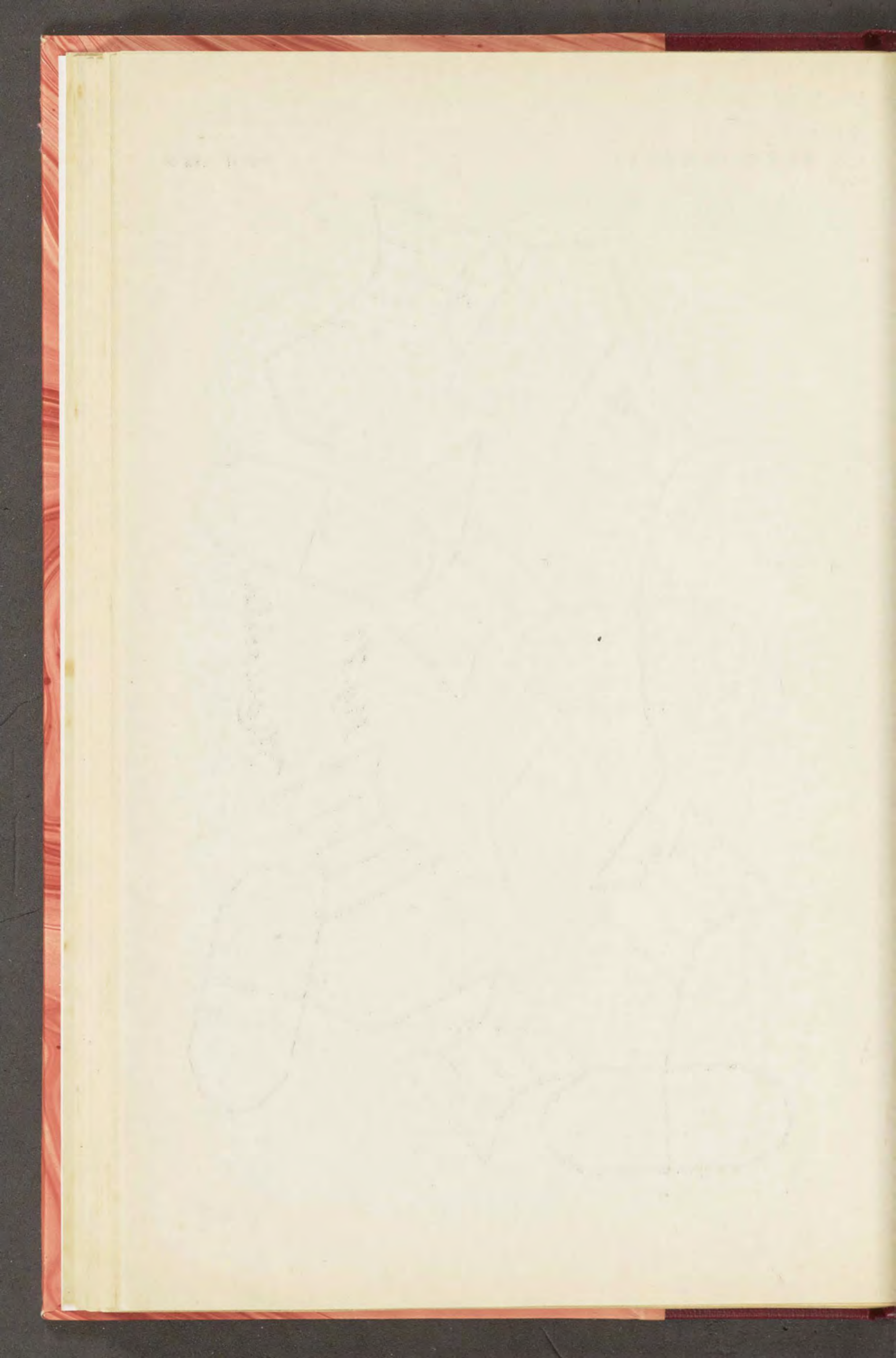
Fig. 13ª

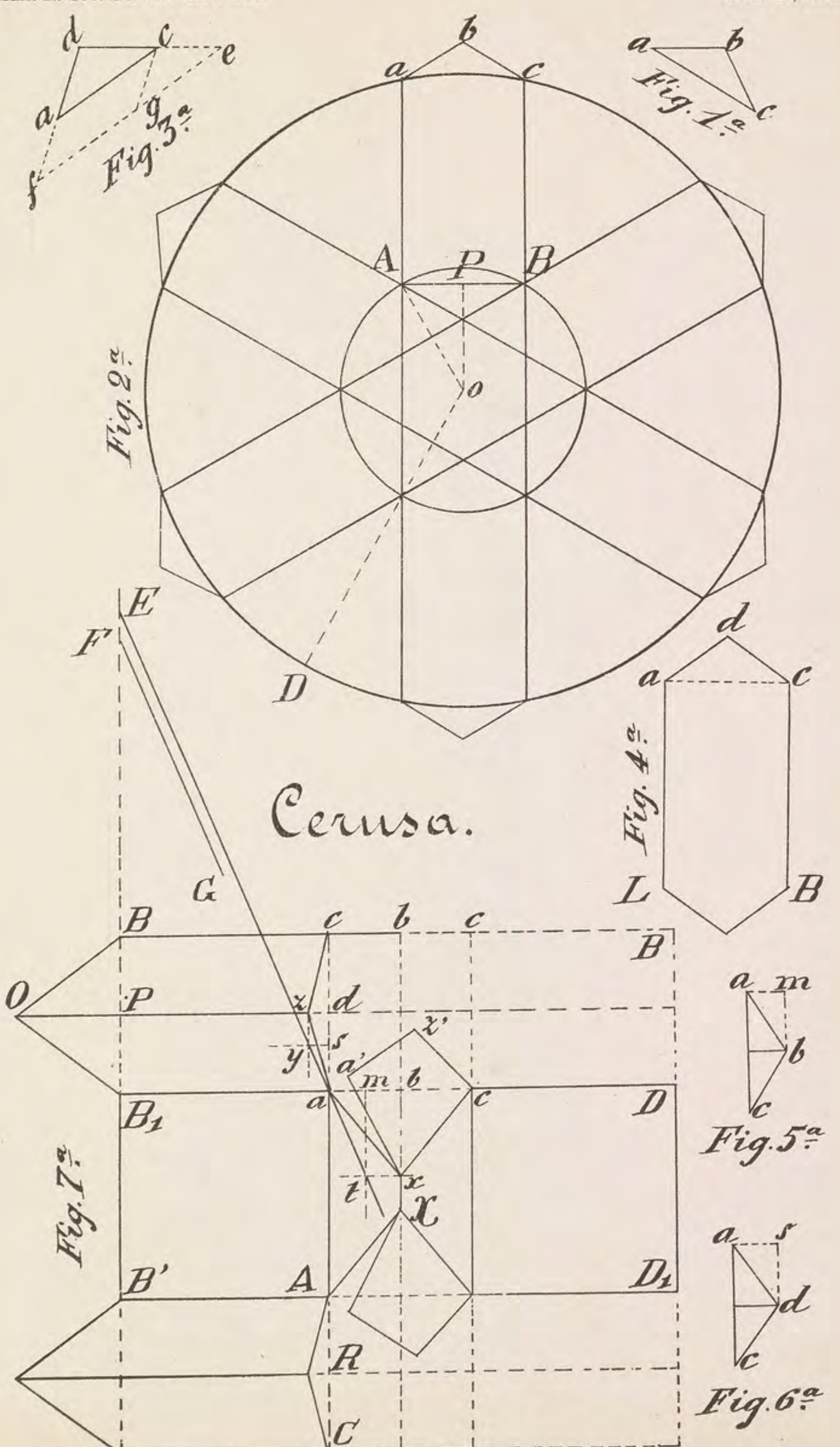

Aragonitos.
Fig. 5ª
Fig. 1ª
Fig 2ª
Fig. 3ª
Fig. 4ª
T
T
T
T

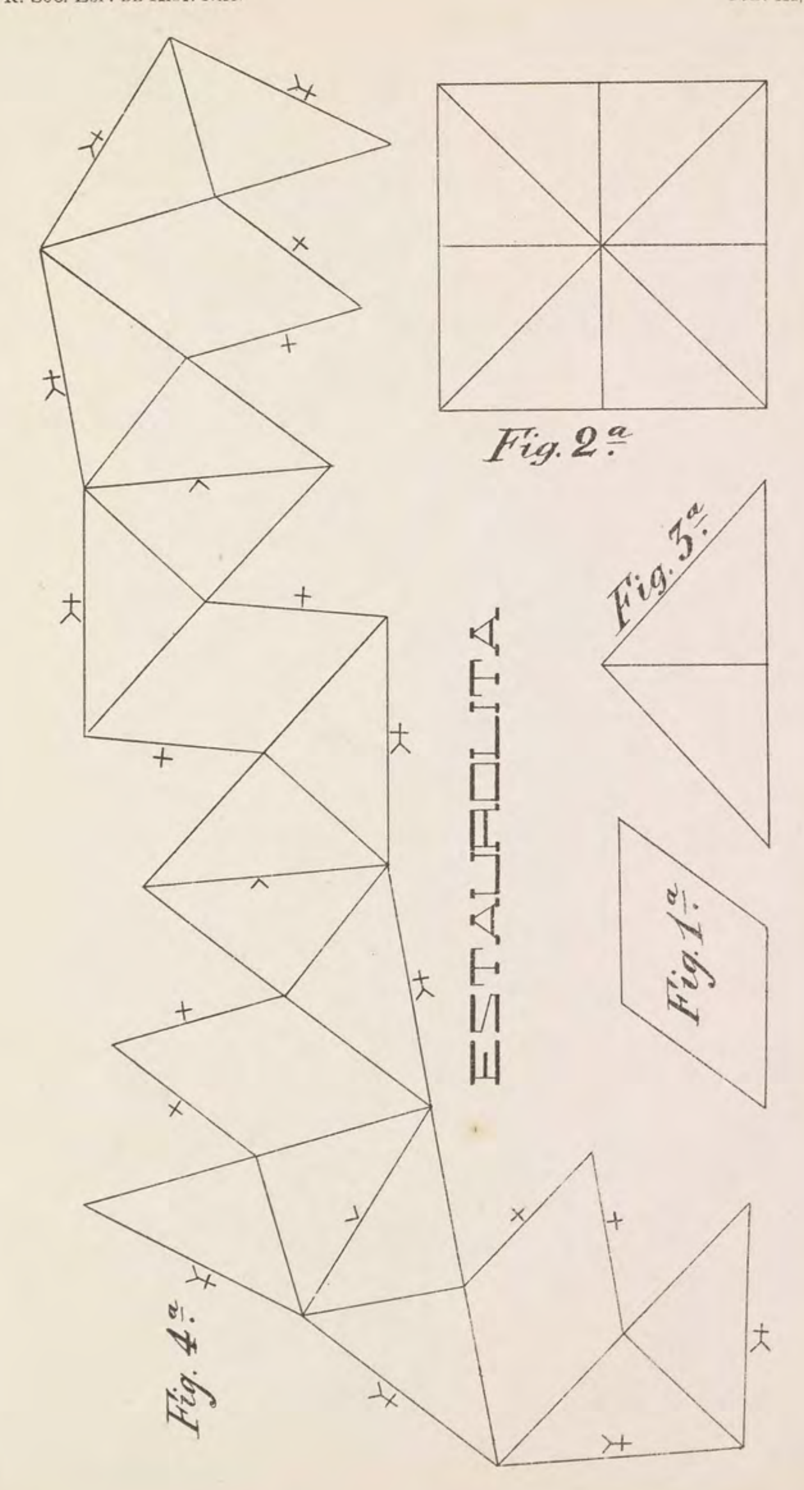

Burnonita.
Fig. 5.ª
g
f
f'
m
p
m
p
f'
f
Fig. 3.ª
g
g₁
b
a
p
Fig. 2.ª
o
g
g
d
e
b
f
f
Fig. 1.ª
m
a
m
c
f
g
Fig. 4.ª
o
f
g
y
x
z

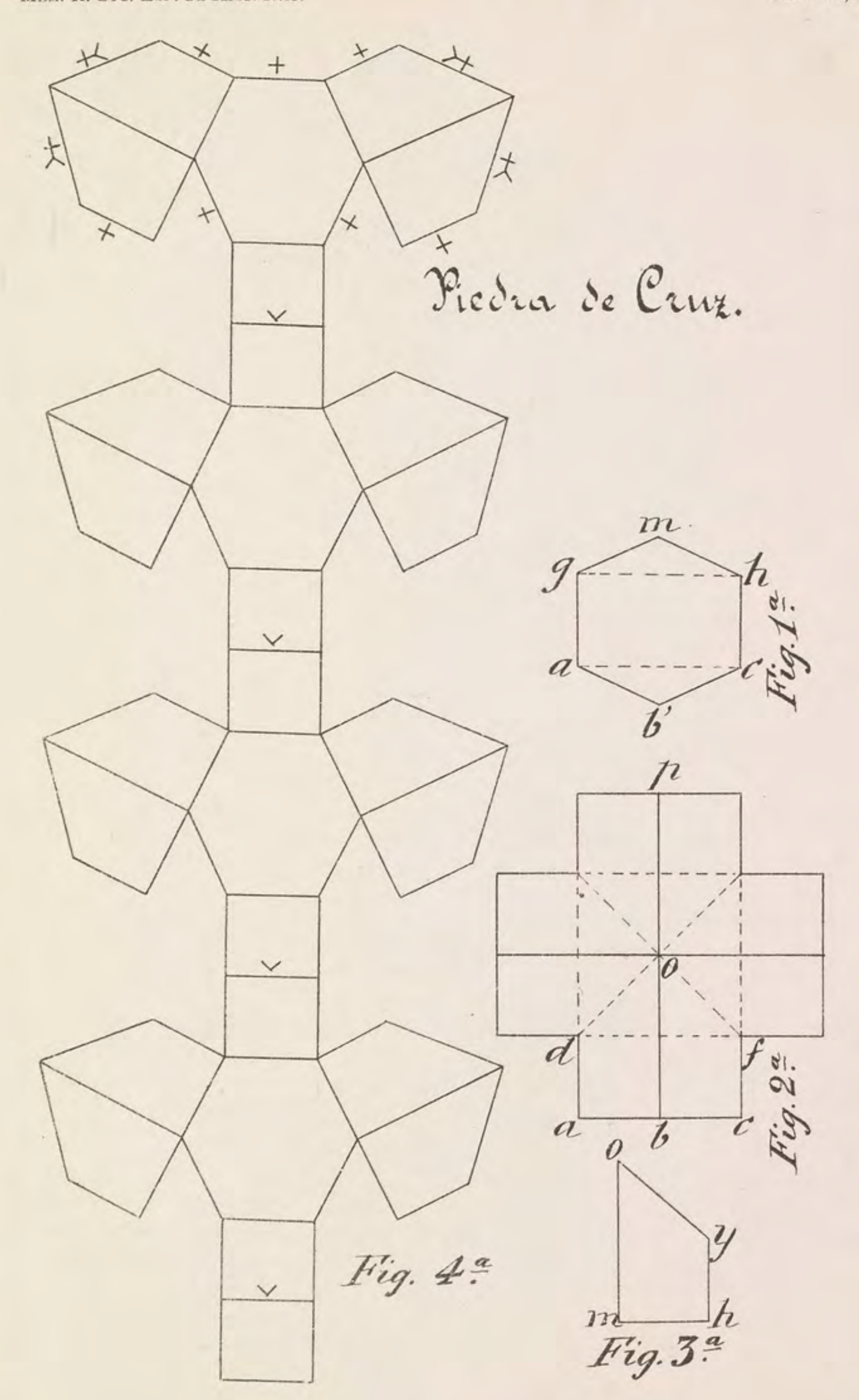

Marcasita.
Fig. 1ª
Fig. 2ª
Fig. 3ª
Fig. 4ª
Fig. 5ª
Fig. 6ª

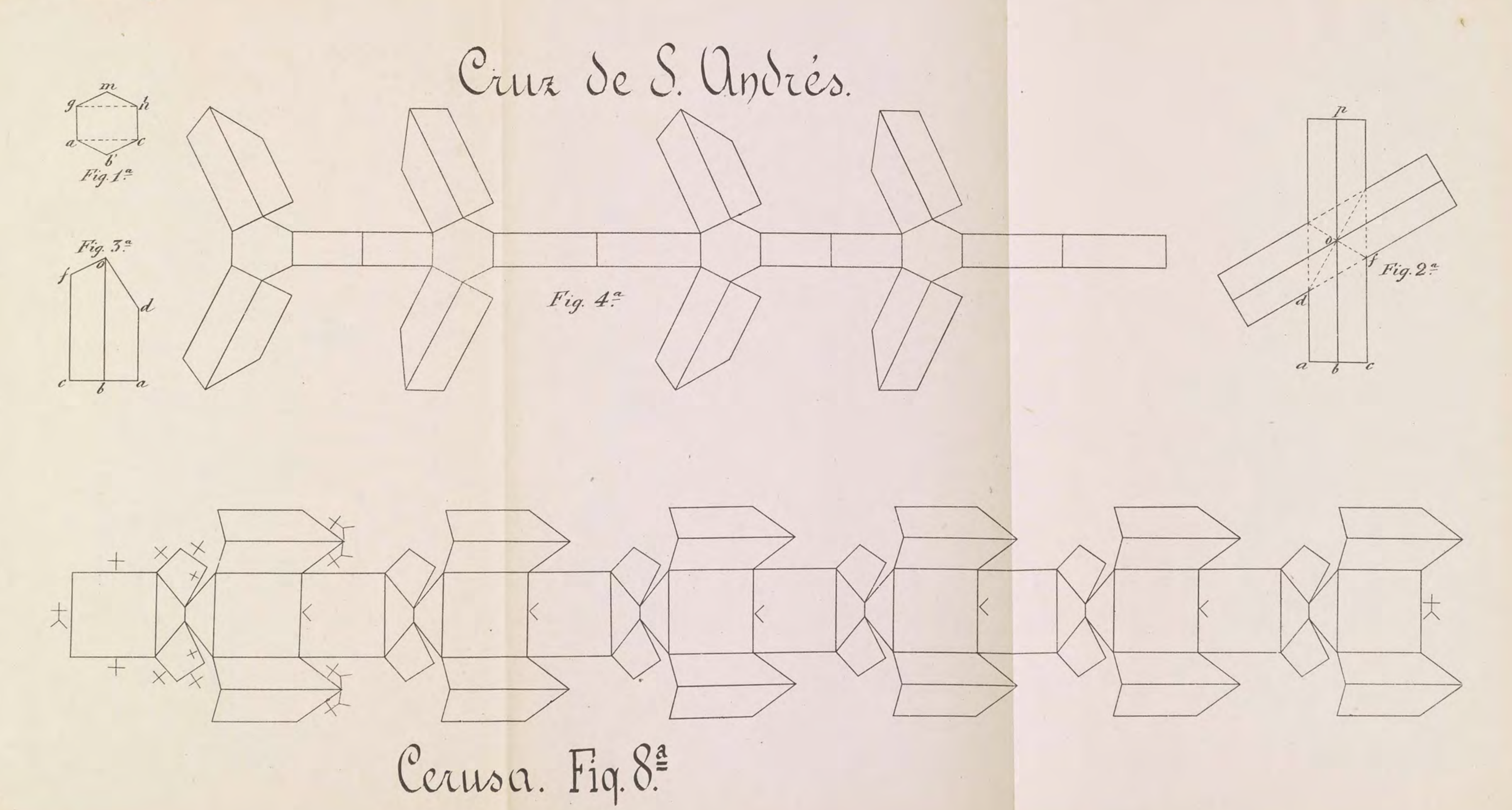

Fig. 7ª.
Marcasita.

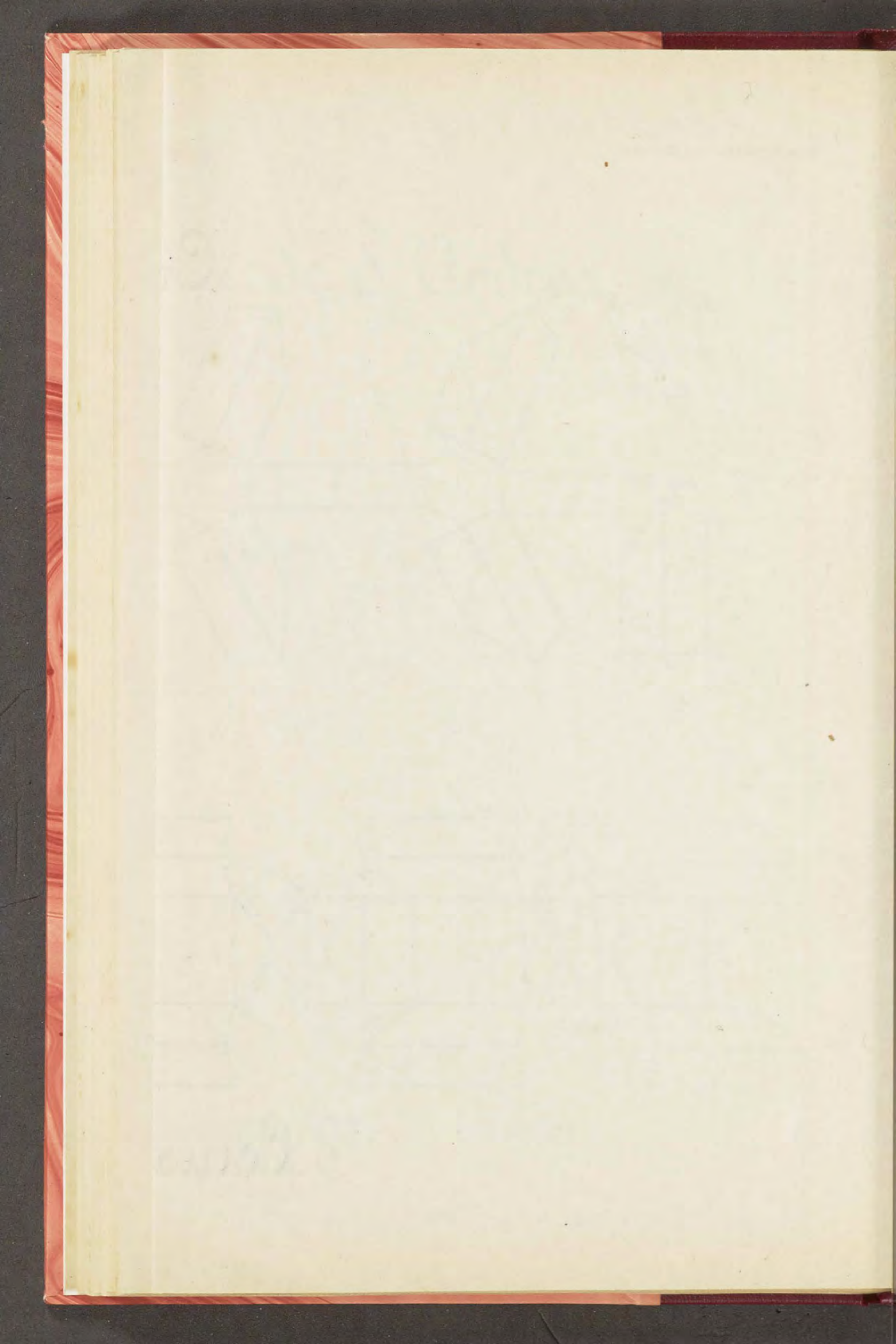


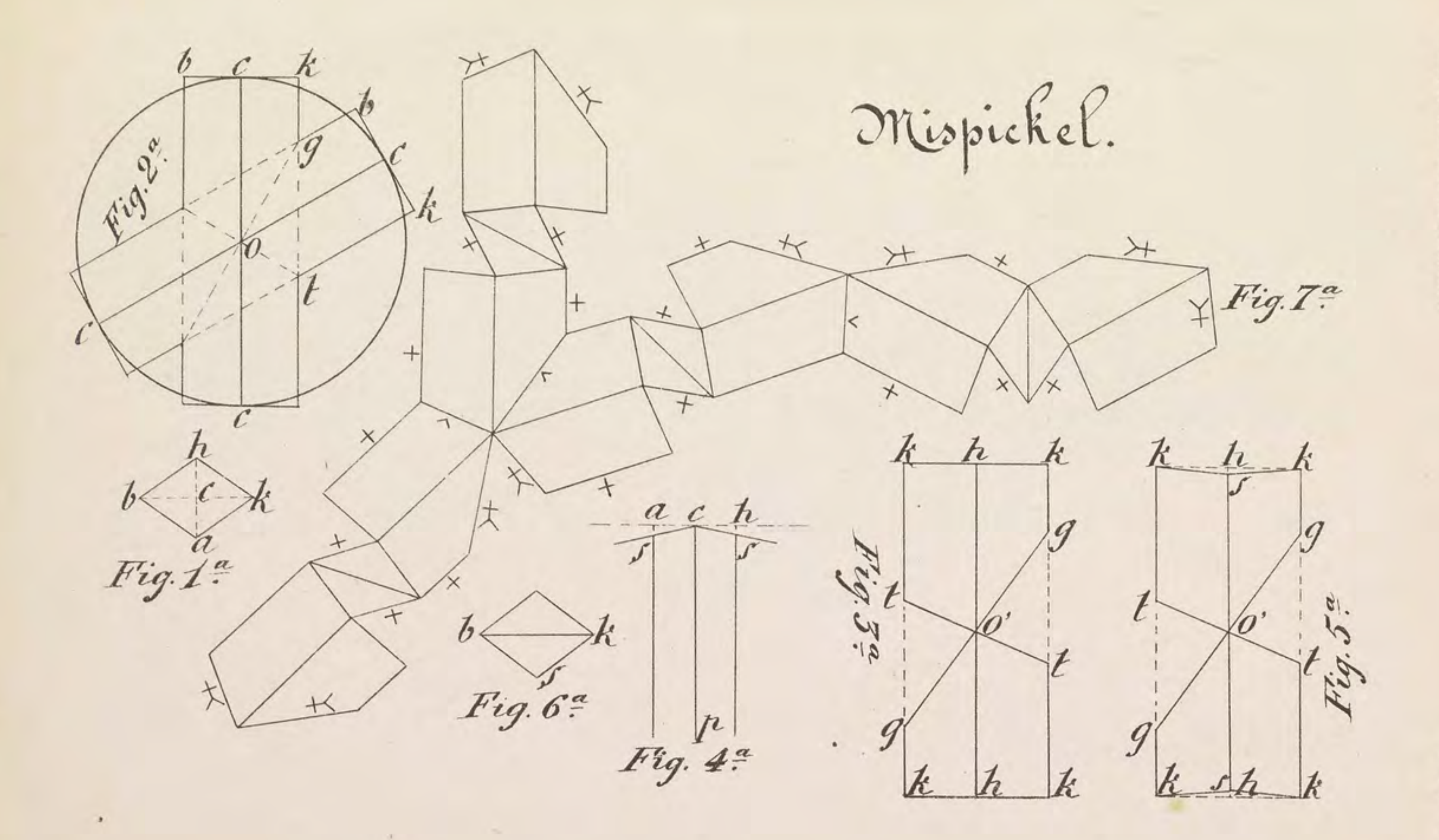

Fig. 1ª
Fig. 2ª
Fig. 3ª
Fig. 4ª
Fig. 5ª
Fig. 6ª
Fig. 7ª
Cerusa.

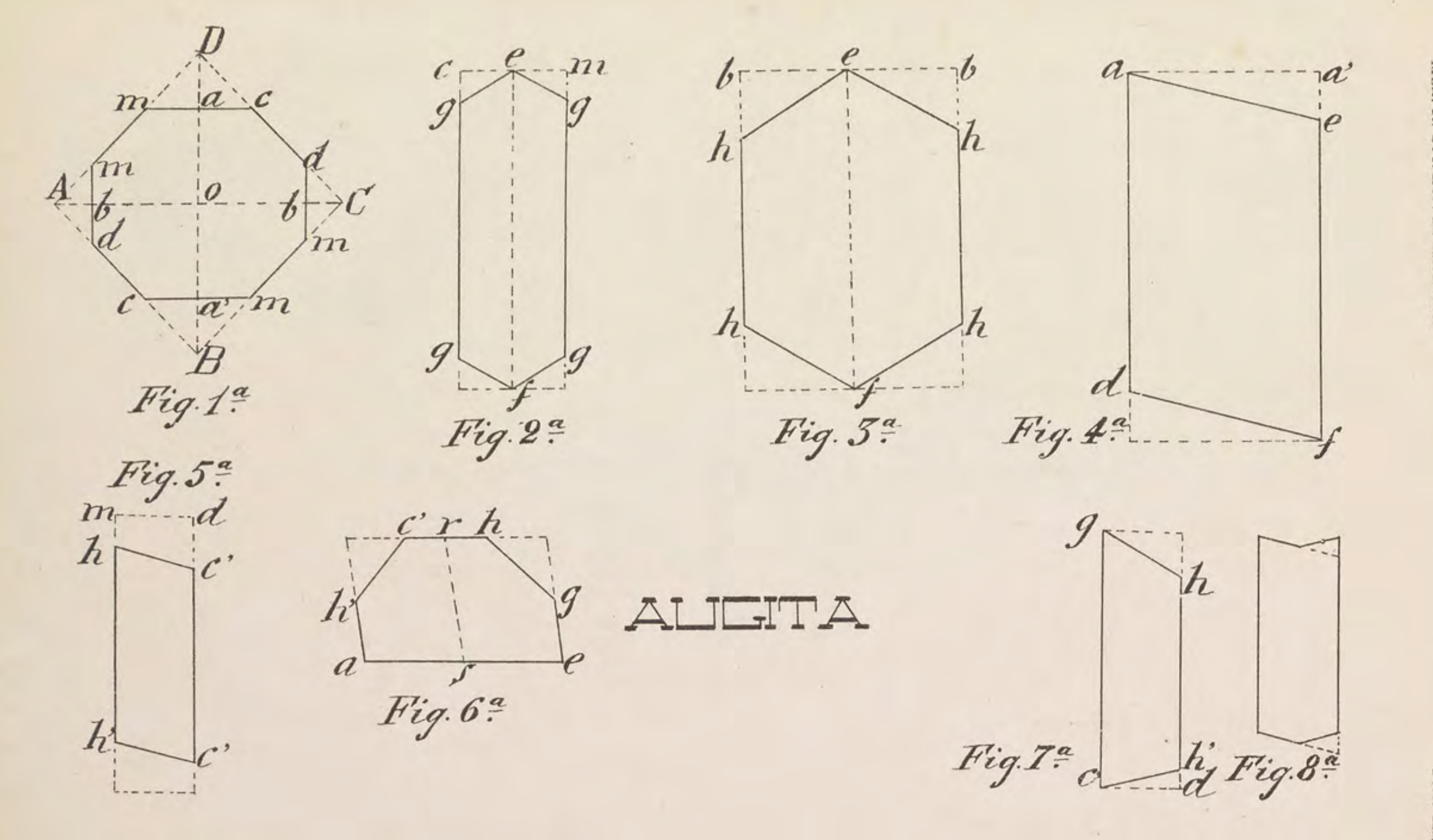

Fig. 2ª
Fig. 3ª
ESTAUROLITA
Fig. 1ª
Fig. 4ª

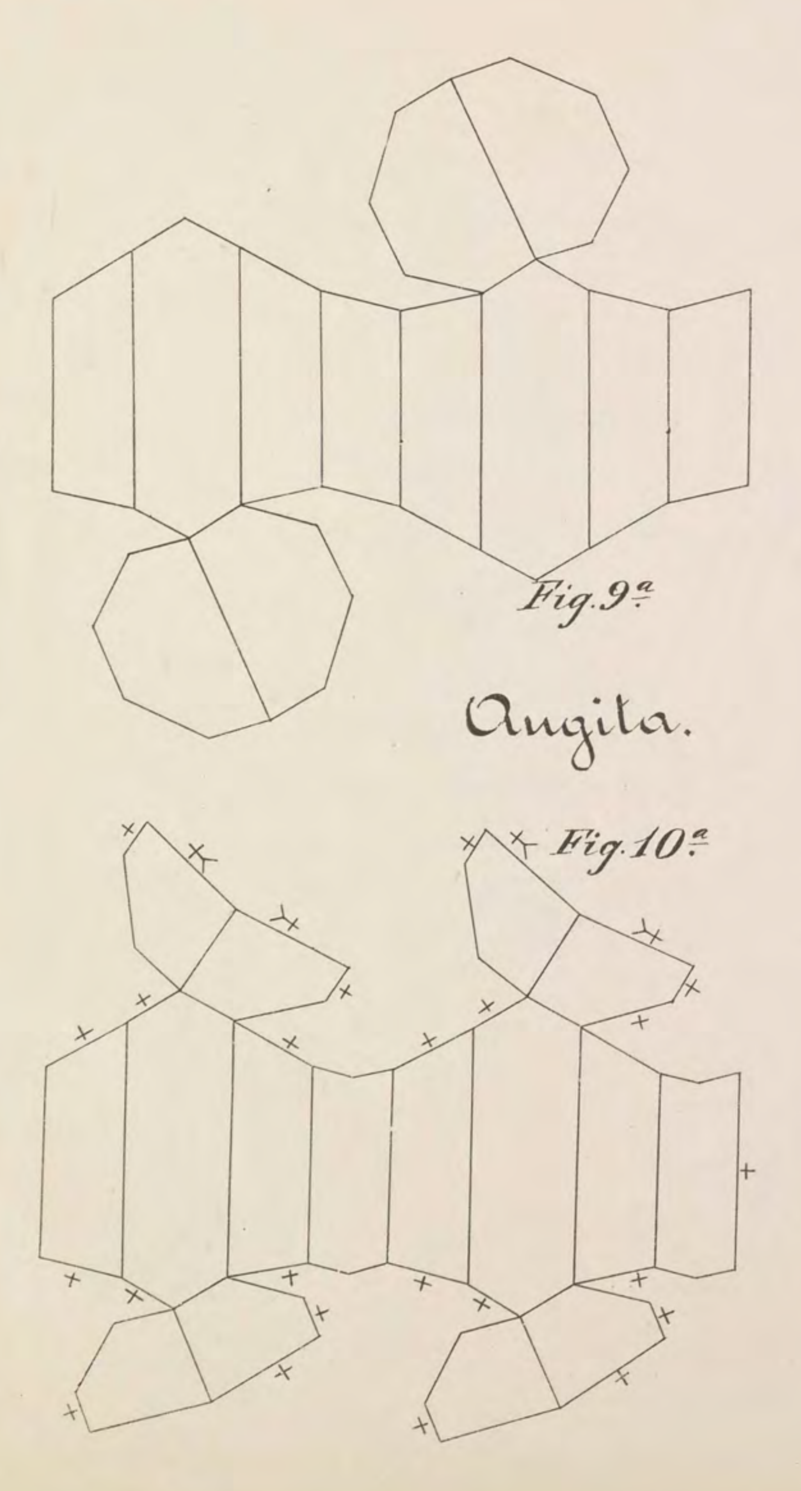

Piedra de Cruz.
m
g
h
a
c
b
Fig. 1.ª
p
o
d
f
a
b
c
Fig. 2.ª
o
y
m
h
Fig. 3.ª
Fig. 4.ª

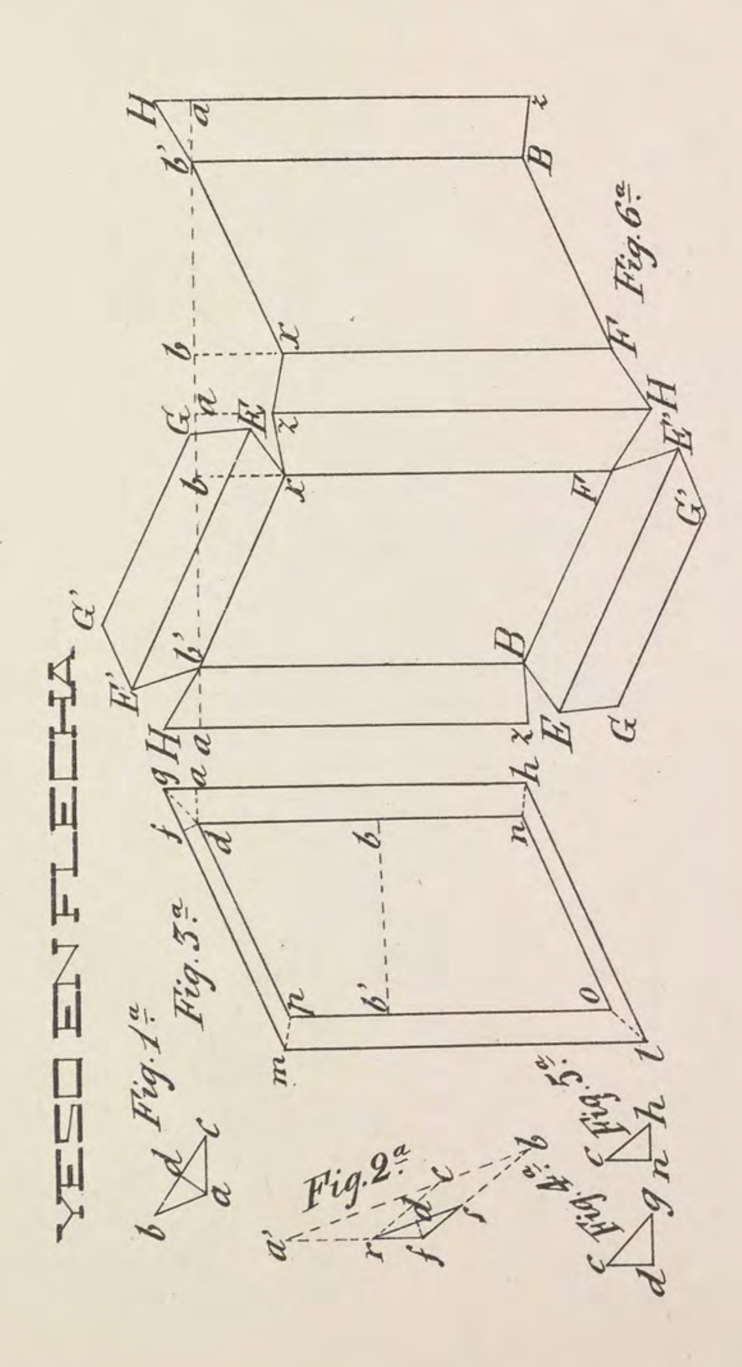

Cruz de S. Andrés.
m
g
h
a
c
b
Fig. 1.ª
Fig. 3.ª
o
f
d
c
b
a
Fig. 4.ª
p
o
f
d
a
b
c
Fig. 2.ª
Cerusa. Fig. 8.ª

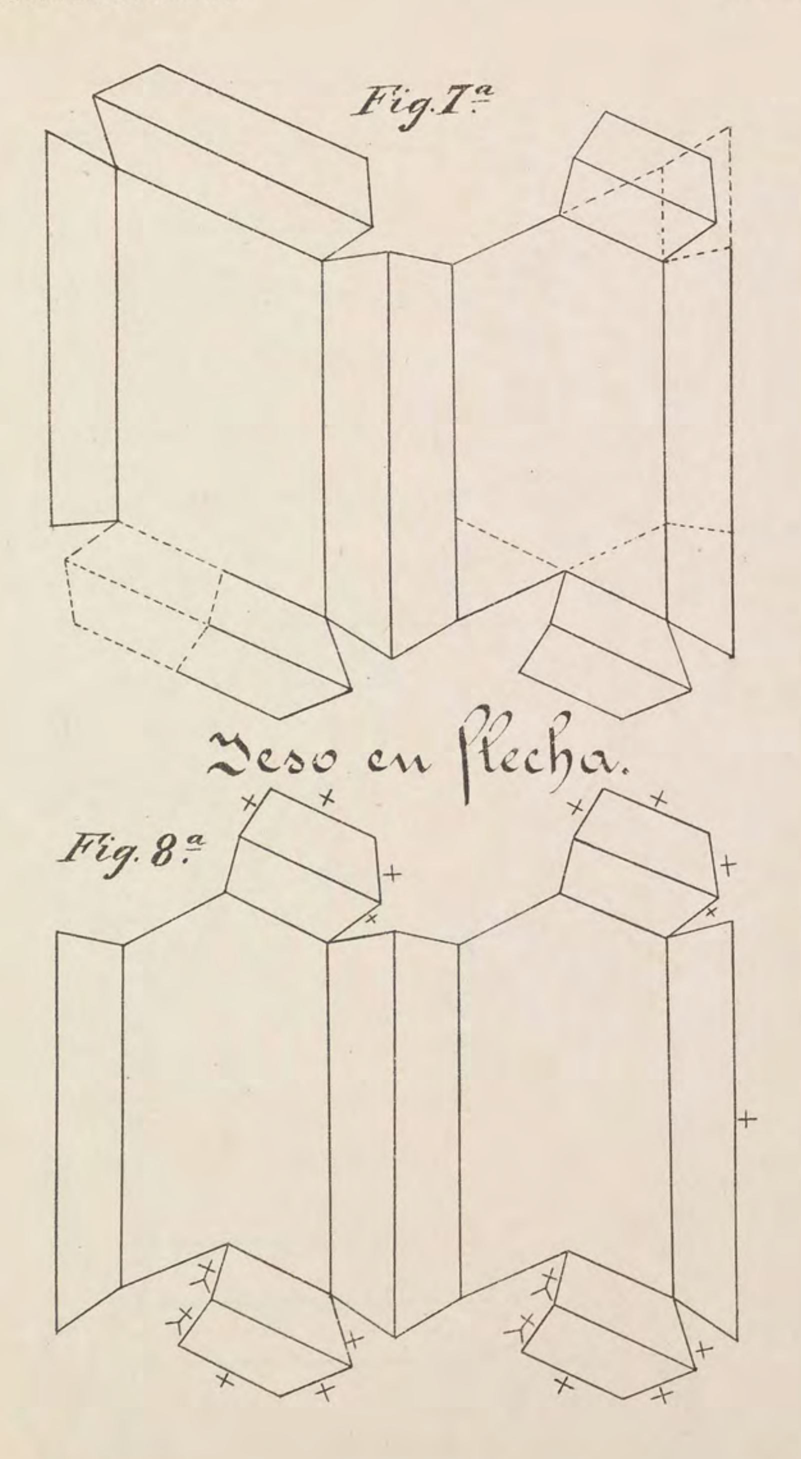


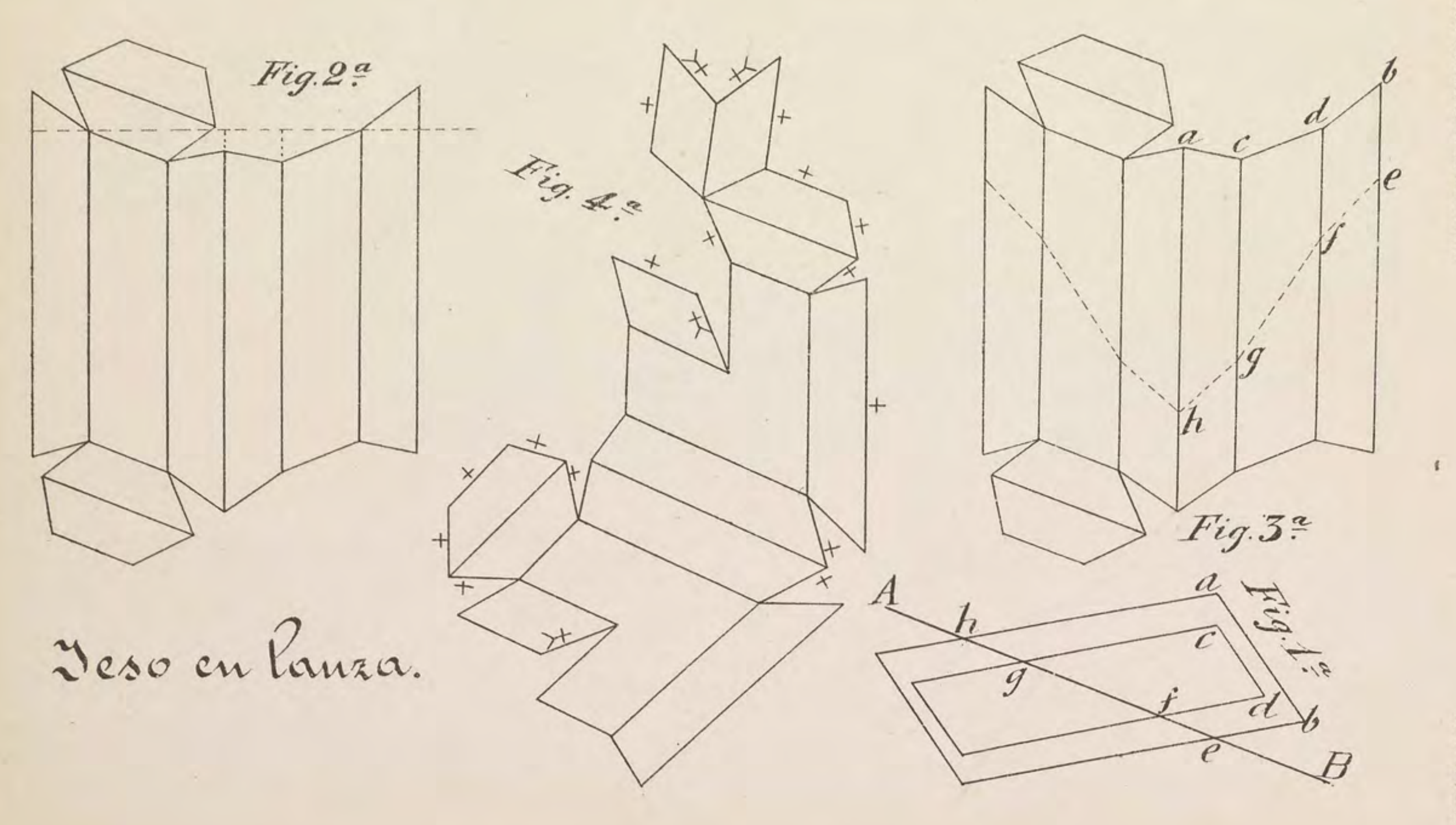

Mispickel.
Fig. 1ª
Fig. 2ª
Fig. 3ª
Fig. 4ª
Fig. 5ª
Fig. 6ª
Fig. 7ª


AUGITA
Fig. 1ª
Fig. 2ª
Fig. 3ª
Fig. 4ª
Fig. 5ª
Fig. 6ª
Fig. 7ª
Fig. 8ª


Fig. 9ª
Augita.
Fig. 10ª

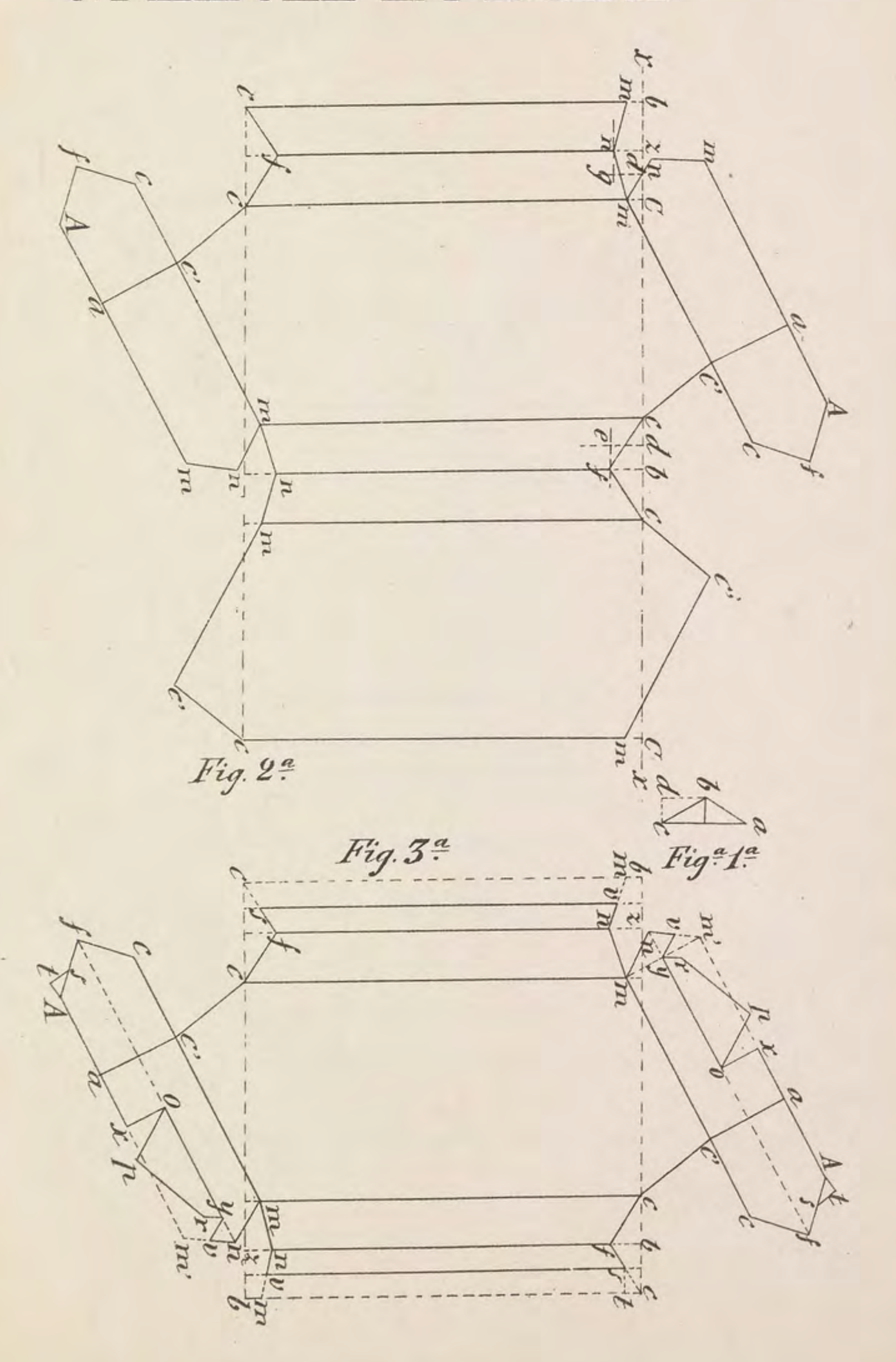

YESO EN FLECHA
Fig. 1ª
Fig. 2ª
Fig. 3ª
Fig. 4ª
Fig. 5ª
Fig. 6ª


Fig. 7.ª
Yeso en flecha.
Fig. 8.ª



Yeso en Lanza.

MACLA DE CARLSBAD



Macla de Carlsbad.

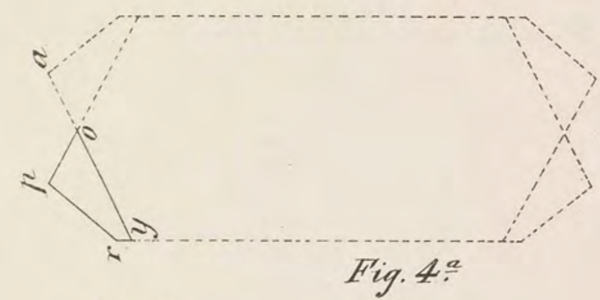
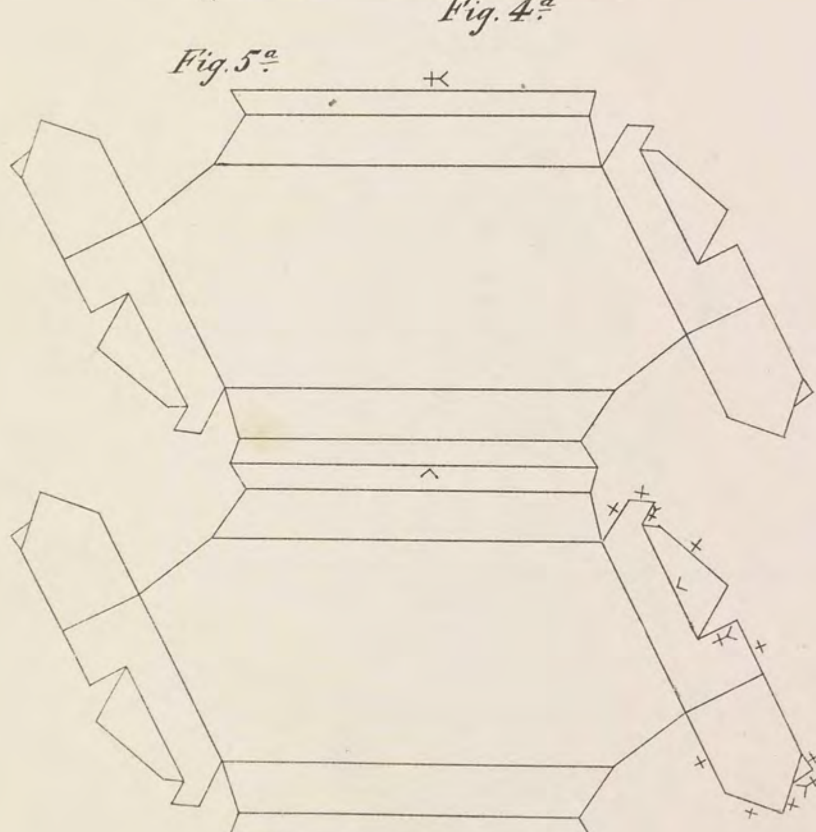
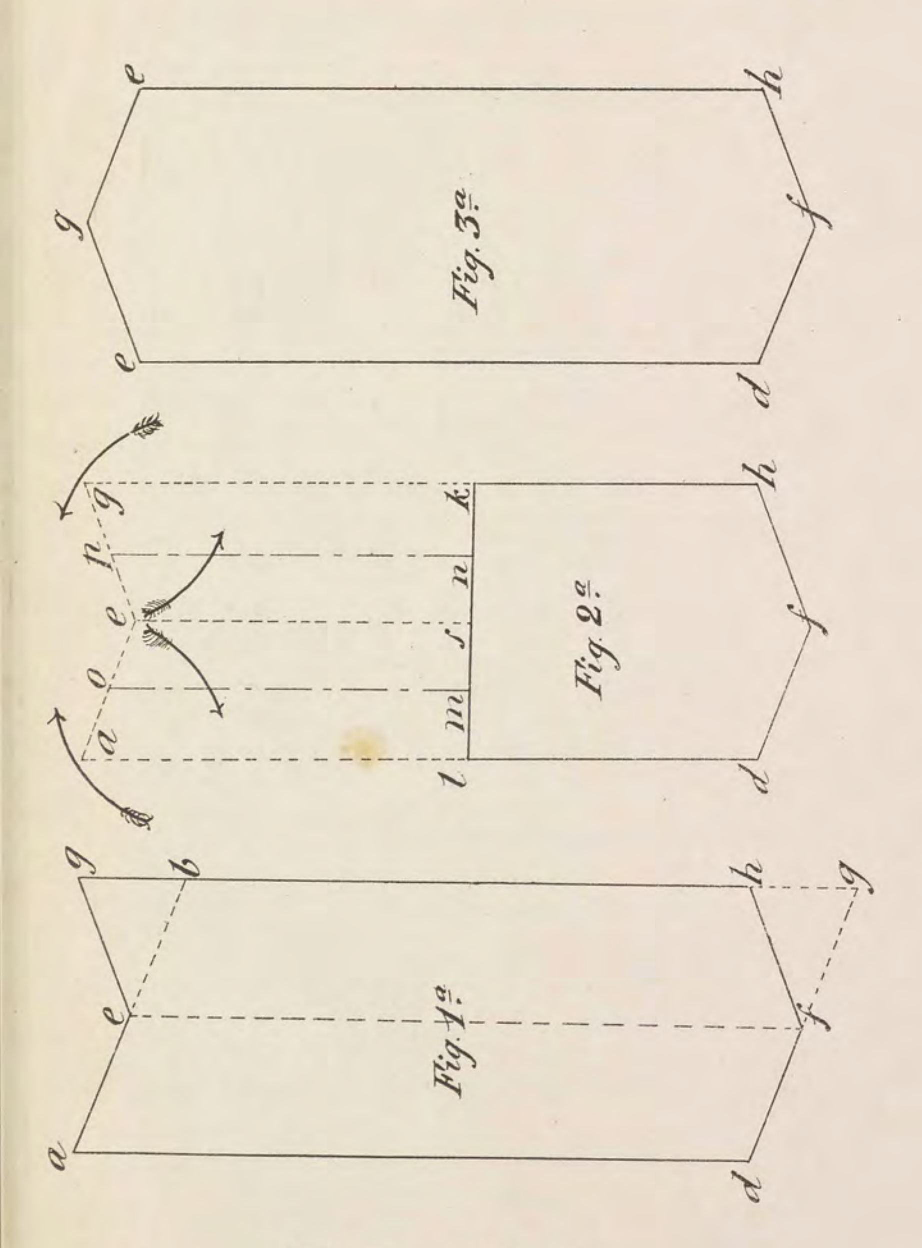


Fig. 4.ª

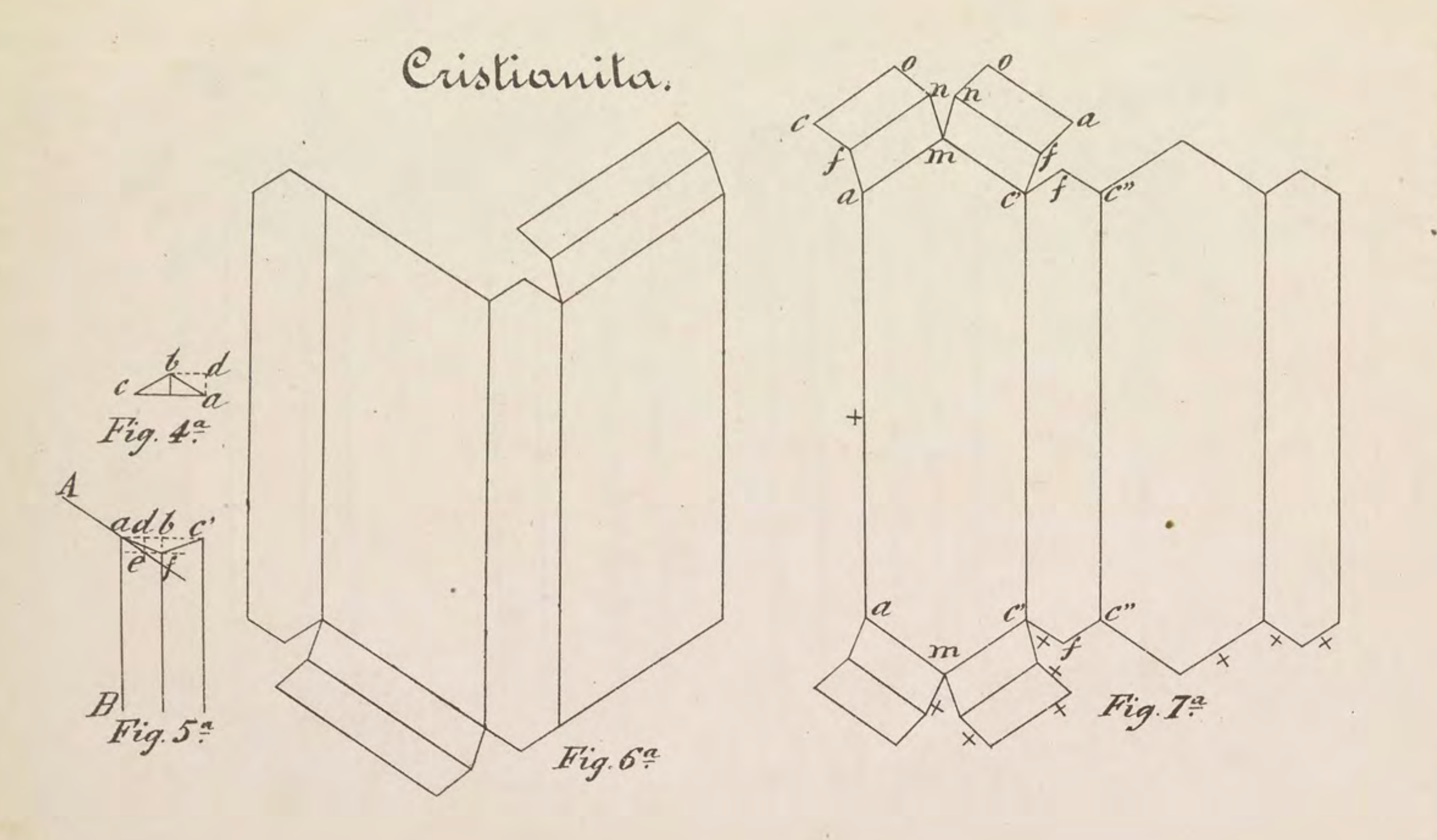
Fig. 5.ª

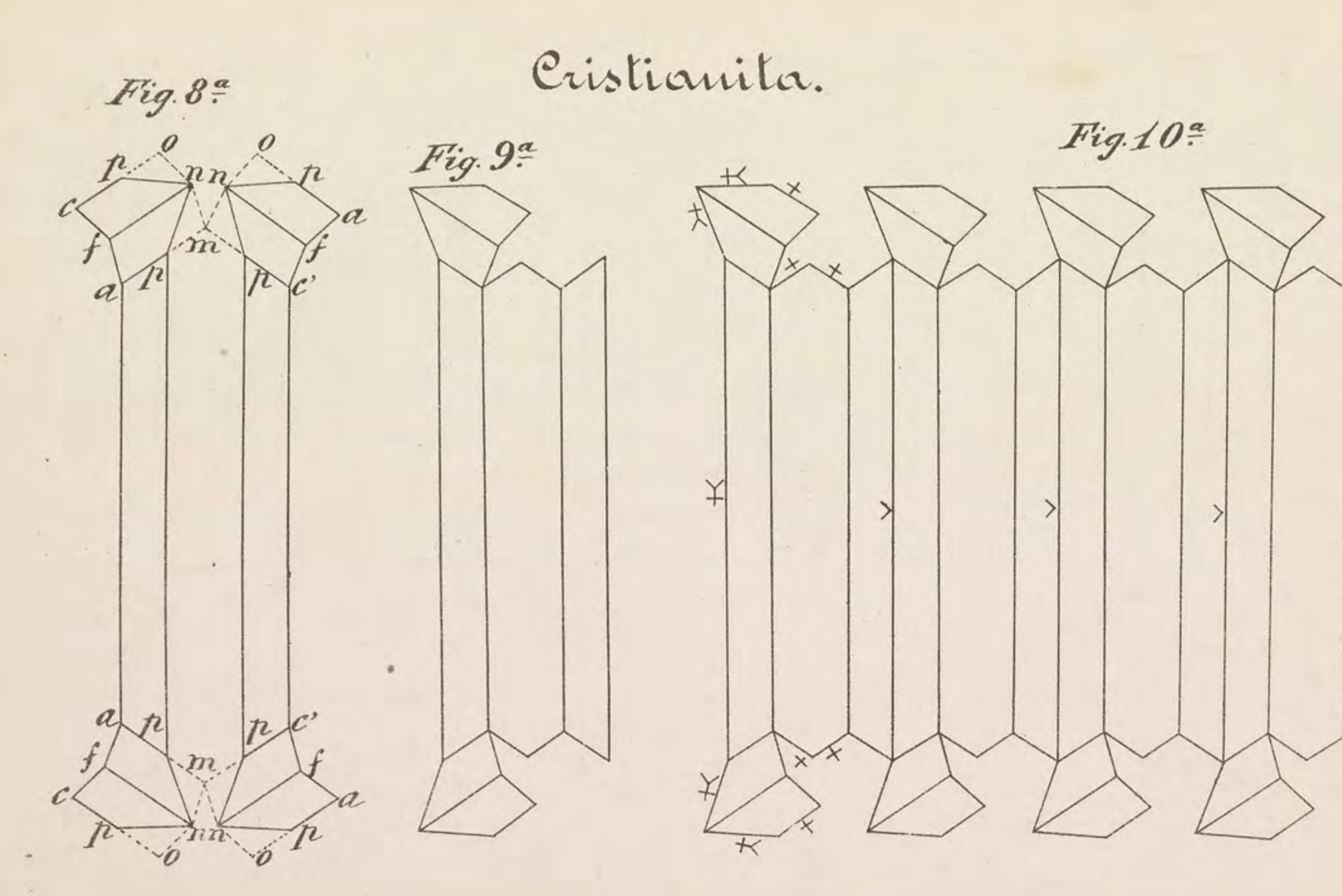


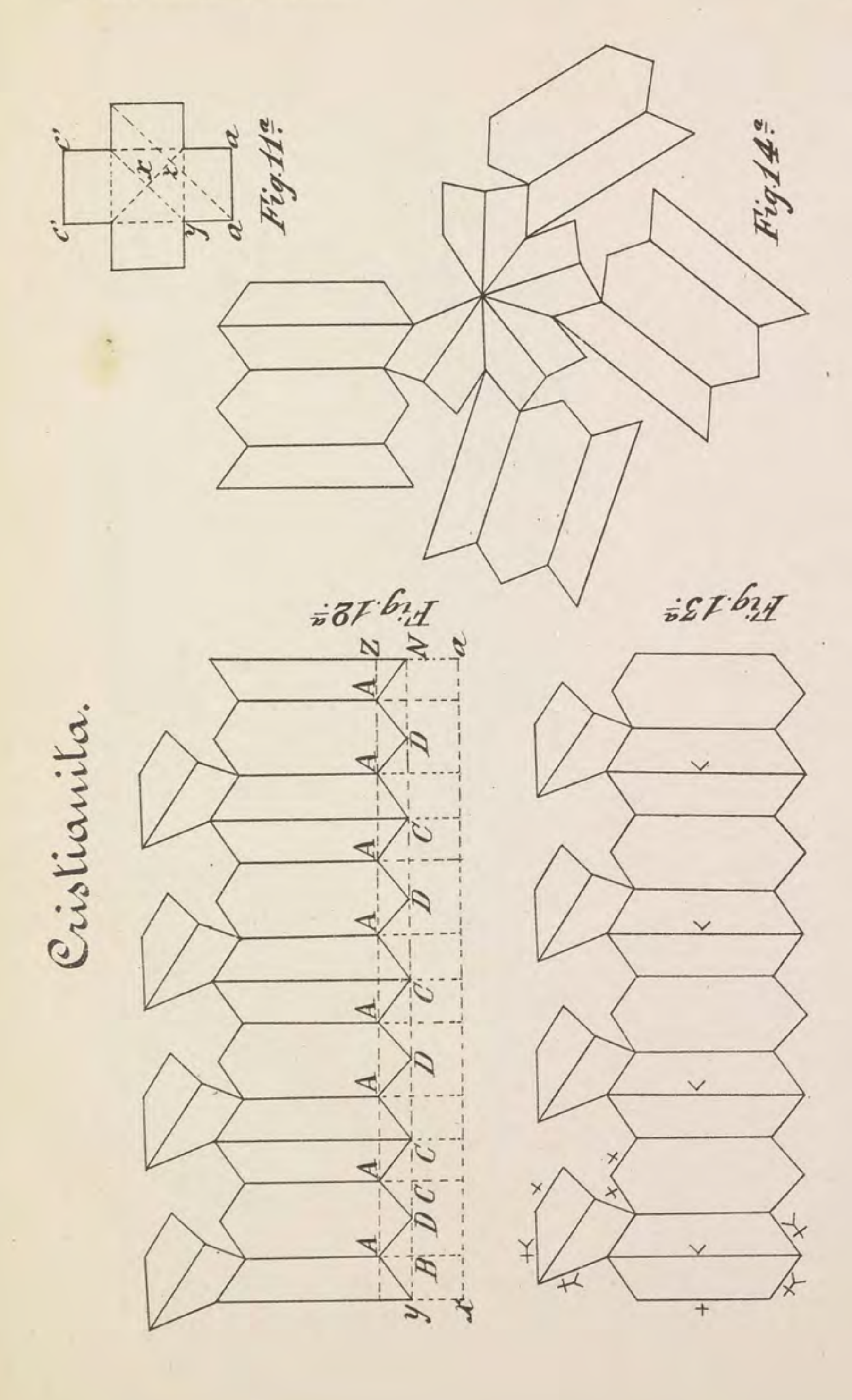


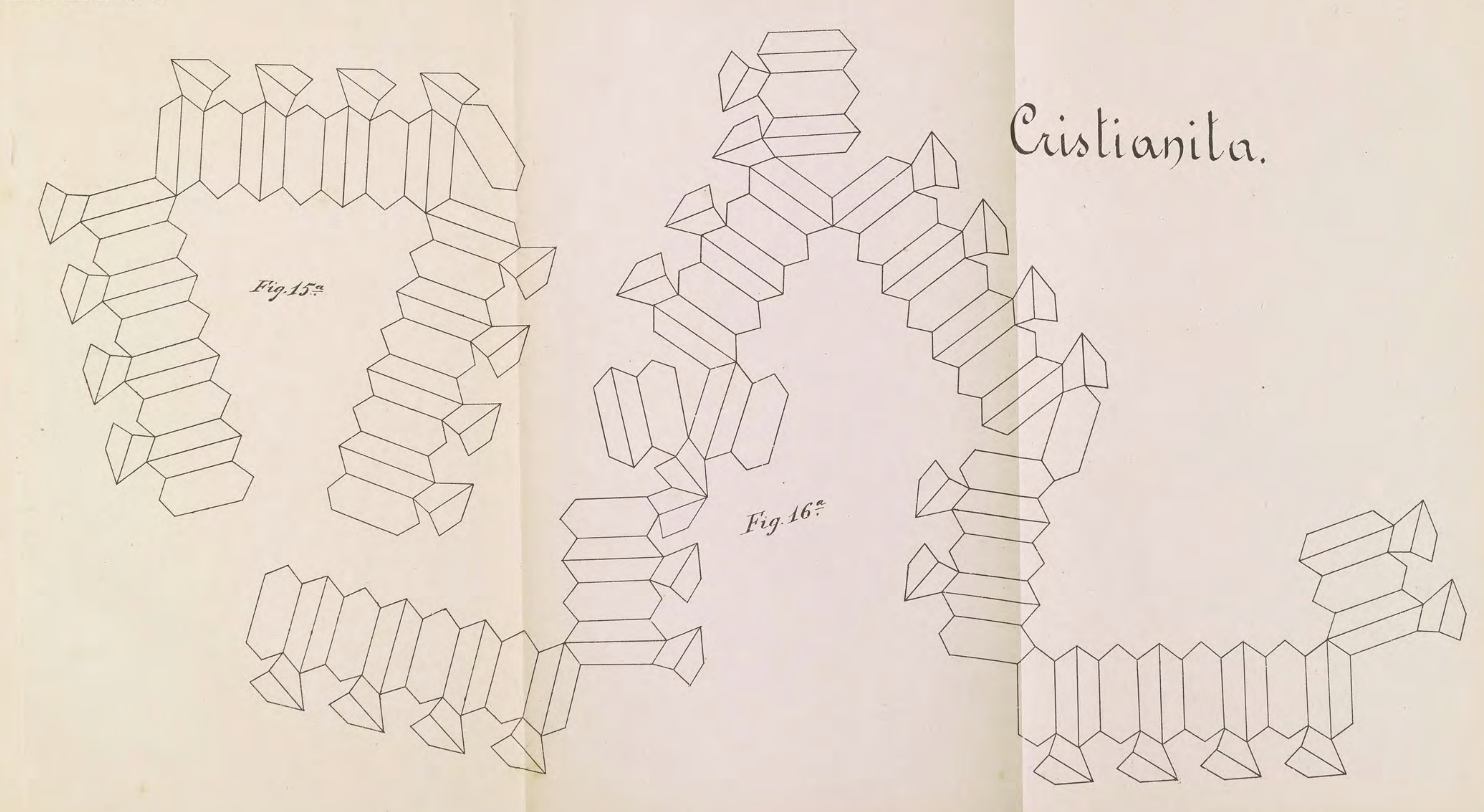
Cristianita.

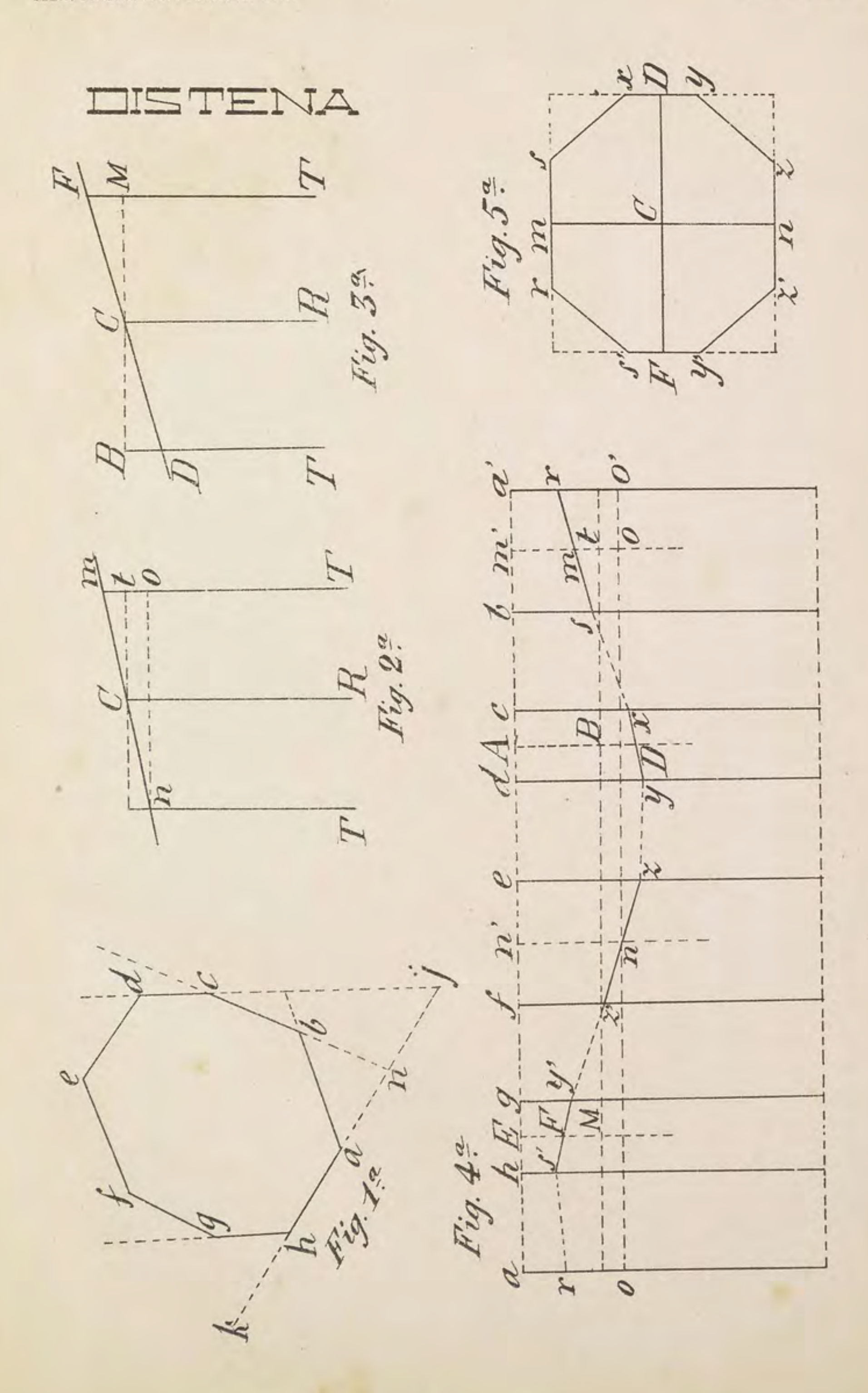
Cristianita.




Cristianita.
Fig. 8ª.
Fig. 9ª.
Fig. 10ª.
o
p
n
c
a
f
m
c'


Cristianita.
Fig. 11ª
Fig. 12ª
Fig. 13ª
Fig. 14ª
c'
c'
a
a
x
x
y
A
B
C
D
N
Z


Cristianita.
Fig. 15.ª
Fig. 16.ª


DISTENA
Fig. 1ª
Fig. 2ª
Fig. 3ª
Fig. 4ª
Fig. 5ª

DISTENA

